LEZIONI
DI
FISICA ESPERIMENTALE
DELL' ABATE NOLLET

MEMBRO DELL' ACCADEMIA REALE
DELLE SCIENZE,
DELLA REAL SOCIETA' DI LONDRA,
DELL' INSTITUTO DI BOLOGNA,
MAESTRO DI FISICA DEL DELFINO,
E Regio Professore nel Collegio di Navarra

TRADOTTE DALLA LINGUA FRANCESE
Sopra l' Edizione di Parigi dell' Anno MDCCLIX.

TOMO QUINTO.

IN VENEZIA
MDCCLXII.
Per GIAMBATISTA PASQUALI.
CON LICENZA DE' SUPERIORI, E PRIVILEGIO.

Di me Lorenzo Chiarini
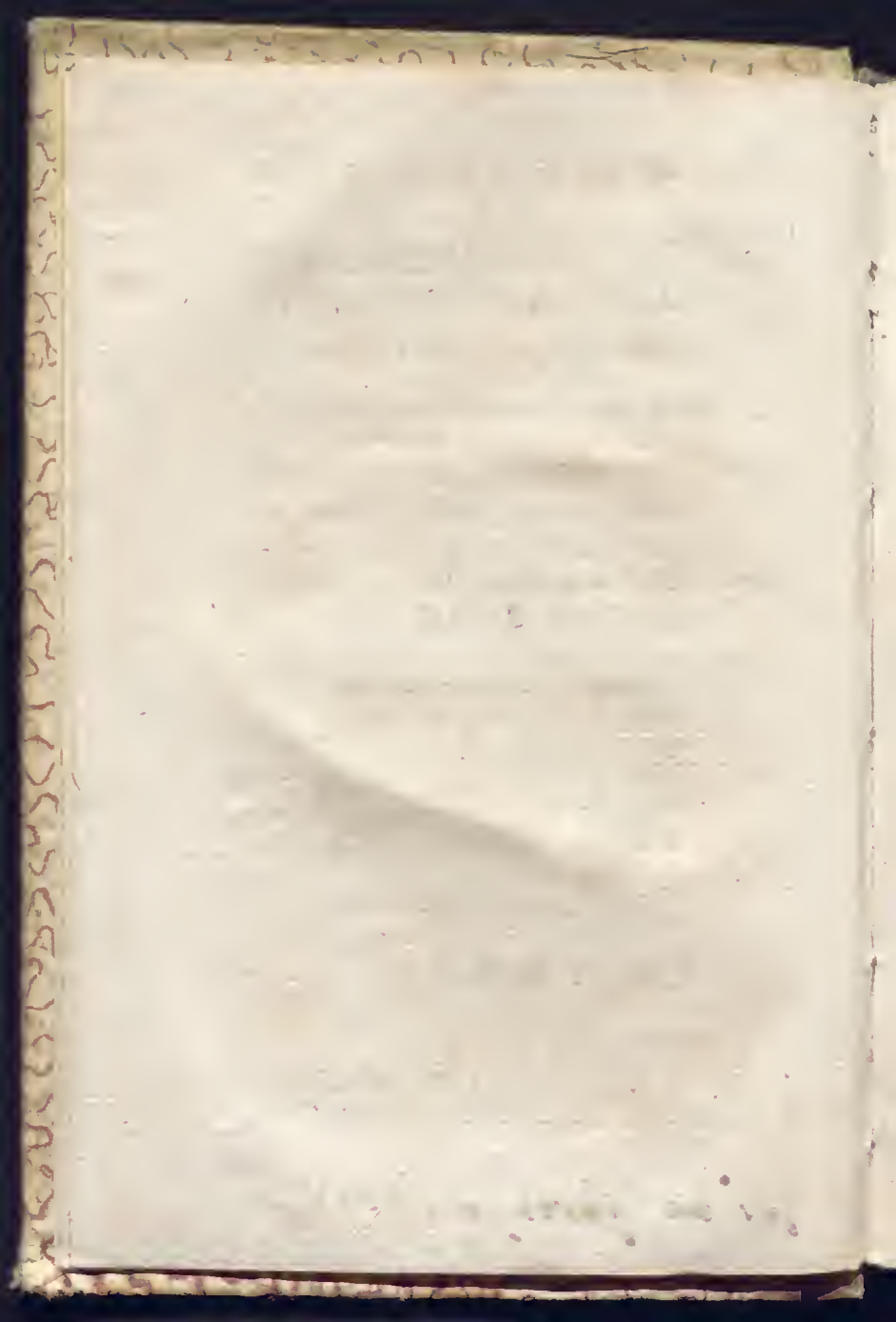
TAVOLA DELLE MATERIE

Contenute in questo Volume.

LEZIONE XV.

Sopra la Luce.

NOzioni generali, e Divisione delle Materie trattate in questo Volume. pag. 1

PRIMA SEZIONE.

Della natura, e della propagazione della luce. 3

Opinione del Cartesio circa la natura, e propagazione della luce. 4

Opinione di Neutono sopra lo stesso soggetto. 6

I. ESPER. *la quale pruova, che la luce si è l' azione d' una materia, ch' è presente dapertutto, sì al di dentro, come al di fuori dei corpi.* 10

II. ESPER. *la quale pruova, che la materia della luce residente nella superficie dei corpi può esser messa in azione dal solo chiarore del giorno.* 13

III. ESPER. *per pruovare, che questa stessa materia può essere eccitata dall' azione del fuoco.* 16

Storia de' fosfori tanto naturali, che artificiali. 17

Riflessioni sopra la velocità, ed il movimento progressivo della luce. 29

SECONDA SEZIONE.

Delle direzioni, che segue la luce ne' suoi movimenti. 35

ARTICOLO PRIMO.

Della luce diretta, o sia de' principj dell' Optica propriamente detta. ivi.

I. ESPER. *per cui si pruova, che la luce procedente da un punto raggiante si estende in forma di raggi divergenti.* 40

II. Esper. *per cui ſi prova, che la luce procedente da un punto raggiante s' indeboliſce allontanandoſi dal detto punto, in ragione del quadrato della diſtanza.* 43

Applicazione *di queſte due Eſperienze ai fenomeni della viſione, che dipendono dalla rettitudine dei raggi di luce, dallà loro denſità, e dal loro interrompimento.* 44

III. Esper. *che dimoſtra come da tutti i punti d' un oggetto illuminato parta una infinità di pennoncelli, o getti di raggi divergenti, che s' incrocicchiano in differenti ſiti, ed a differenti diſtanze.* 56

IV. Esper. *per cui ſi vede, che queſti getti di luce dopo il loro incrocicchiamento formano degli angoli ſimili, ed oppoſti per le loro punte a quelli, che formavano prima di riſcontrarſi.* 58

Applicazione *di queſte due Eſperienze ai fenomeni della viſione concernenti la formazione delle immagini, là loro poſizione, grandezza, figura, il loro grado di chiarezza, e l' eſtimazione della diſtanza dell' oggetto.* 60

LEZIONE XVI.

Sopra la Luce.

Continuazione della ſeconda Seſſione. 88

ARTICOLO SECONDO.

Della luce rifleſſa, o ſia de' principj della Catoptrica. ivi.

Diſcorſo preliminare intorno il modo, con cui le ſuperficie riflettono la luce. 89

I. Esper. *per cui ſi vede, che la luce fa il ſuo angolo di rifleſſione uguale a quello della ſua incidenza.* 99

Conſeguenze di queſto principio eſpoſte per via dell' Eſperienza. 102

PRIMO CASO.

Se da uno ſpecchio piano ſono nella loro incidenza rifleſſi raggi paralleli. 105

II.

II. ESPER. *la quale pruova, che questi raggi essendo riflessi da uno specchio piano, rimangono costantemente paralleli, come prima.* ivi.

SECONDO CASO.

Se da uno specchio piano raggi divergenti sono nella loro incidenza riflessi. 107

III. ESPER. *per cui si vede, che la riflessione cagionata dallo specchio piano non cangia il grado di divergenza dei raggi.* ivi.

TERZO CASO.

Se nella loro incidenza raggi convergenti sono riflessi da uno specchio piano. 108

IV. ESPER. *la quale dimostra, che dopo una tale riflessione i raggi conservano il loro stesso grado di convergenza.* ivi.

APPLICAZIONE *delle precedenti Esperienze all' invenzione degli specchj, ed agli usi diversi, che se ne possono fare, alla formazione delle immagini, alla loro distanza, grandezza, situazione, figura, ai loro movimenti, ed alla loro moltiplicazione ec.* 110

Effetti degli specchj piramidali, e prismatici. 117

QUARTO CASO.

Se raggi convergenti nella loro incidenza sono da uno specchio convesso riflessi. 121

V. ESPER. *per cui si vede, che la riflessione prodotta da uno specchio convesso diminuisce la convergenza de' raggi.* ivi.

QUINTO CASO.

Se raggi cadenti paralleli tra loro sono riflessi da uno speccio convesso. 122

VI. ESPER. *la quale pruova, che questi raggi divengono divergenti per la riflessione, se lo specchio, che gli rimanda, è convesso.* ivi.

SESTO CASO.

Se raggi divergenti sono riflessi da uno speccio convesso. ivi.

VII. Esper. *che insegna questi raggi divenire più divergenti, essendo rimandati da uno specchio convesso.* ivi.

Applicazione, *che se ne può fare, per render ragione della debole luce, che a noi viene dai Pianeti, in paragone di quella del Sole, e del freddo, che regna d'ordinario sopra le montagne.* 125

Esame delle immagini formate dagli specchj convessi, rispetto alla loro grandezza, distanza, situazione, figura, ec. 129

SETTIMO CASO.

Se raggi paralleli sono riflessi da uno specchio concavo. 130

VIII. Esper. *per cui si dimostra, che tali raggi divengono convergenti.* ivi.

OTTAVO CASO.

Se raggi convergenti fra loro sono riflessi da uno specchio concavo. 131

IX. Esper. *la quale dimostra, che questi raggi diventano più convergenti, che non erano prima di toccare lo specchio.* ivi.

NONO CASO.

Se raggi divergenti nella loro incidenza riflessi vengono da uno specchio concavo. ivi.

X. Esper. *la quale prova, che questi raggi di luce diventano meno divergenti.* ivi.

Spiegazione di tutti questi effetti. 132

Uso degli specchj concavi per raccogliere i raggi Solari, e per formare dei foci. 133

Esperienza curiosa dei due specchj. 134

Formazione delle immagini cogli specchj concavi, loro distanza, grandezza, e situazione. 136

Differenti modi di formare degli specchj concavi d'uno, e di più pezzi. 138

Maniera di stagnare quelli, che d'un solo cristallo si formano. 141

Osser-

Osservazioni sopra gli specchj misti.
Effetti degli specchj cilindrici. 145
Ragione di questi effetti. ivi.
Effetti degli specchj conici. 148
Ragione di questi effetti. 149

ARTICOLO TERZO.

Della luce rifratta, o sia de' principj della Diottrica. 150
Della rifrazione della luce, e delle condizioni, ch' essa esige. 151
I. ESPER. *da cui deduconsi le leggi della rifrazione della luce.* 153

Leggi della rifrazione della luce.

I. LEGGE. 156
II. LEGGE, *colle sue modificazioni.* ivi.
III. LEGGE. 157
IV. LEGGE. ivi.
V. LEGGE. ivi.
Sentimento del Cartesio intorno le cagioni della rifrazione della luce. ivi.
Opinione dei Newtoniani, sopra lo stesso soggetto. 161
Spiegazione di varj fatti concernenti la visione degli oggetti, che si guardano dall' aria nell' acqua, o dall' acqua nell' aria. 163
Osservazioni sopra le rifrazioni Astronomiche. 164
Apparenze ingannatrici, che ne seguono. 166
Delle vie tenute dalla luce nell' attraversare dei mezzi più densi dell' aria dell' atmosfera. 167

PRIMO CASO.

Se raggi paralleli nella loro incidenza passano obliquamente da un mezzo raro in uno più denso, che terminato sia da una superficie piana. 170
II. ESPER. *la quale pruova, che in tal caso i raggi rifratti restano paralleli fra loro.* ivi.

SECONDO CASO.

Se raggi convergenti nella loro incidenza passano ad un

un mezzo raro in uno più denso, e da questo in un altro simile al primo. 172

III. Esper. *la quale fa vedere, che la convergenza di questi raggi diminuisce, quando essi entrano, ed aumenta quando escono da un tal mezzo.* ivi.

TERZO CASO.

Se raggi divergenti nella loro incidenza entrano in un mezzo più denso, o più raro. 173

IV. Esper. *per cui si vede, che tali raggi in tale circostanza perdono una parte della loro divergenza nell' entrare, e la ripigliano nell' uscire.* ivi.

Spiegazione delle precedenti Esperienze. 174

I. Corolario *concernente i mezzi rifrangenti terminati da due superficie, curve, e parallele.* 176

II. Corolario *riguardante i mezzi rifrangenti terminati da superficie piane, ed inclinate fra di esse.* 177

Applicazioni *di tutti questi effetti alla visione degli obbietti, che si mirano a traverso dei mezzi più densi dell' aria, e terminati da superficie piane, parallele, o inclinate fra di esse.* ivi.

Effetti dei prismi triangolari, e dei vetri a faccette. ivi.

QUARTO CASO.

Se raggi paralleli passano da un mezzo raro in un mezzo più denso terminato da una superficie convessa. 183

V. Esper. *da cui s' impara, che questi raggi divengono convergenti.* ivi.

QUINTO CASO.

Se raggi convergenti, che escono da un mezzo raro, vengono ricevuti in un mezzo più denso, e terminato da una superficie convessa. 184

VI. Esper. *per cui si vede, come possano questi raggi divenire più o meno convergenti di quel che sono naturalmente, o rimanere tali, quali sono, passando dall' aria in detto mezzo rinfrangente.* ivi.

SE-

SESTO CASO.

Se reggi di luce divergenti passano da un mezzo raro in uno più denso, e terminato da una superficie convessa. 185
VII. ESPER. *la quale pruova, che questi raggi perdono una parte della loro divergenza, e che possono divenir paralleli, ed anche convergenti.* ivi.
Osservazione sopra il punto di convergenza di raggi della luce rifratta. 186
Spiegazioni di tutti questi effetti. ivi.
APPLICAZIONE *di tutti questi effetti ai boccali, ed alle lenti di vetro, che si usano per formare dei foci abbrucciati, o per ampliare le immagini degli oggetti.* 189

SETTIMO CASO.

Se raggi di luce paralleli passano da un mezzo raro in un mezzo denso terminato da una superficie concava. 198
VIII. ESPER. *che pruova i raggi divenire divergenti.* ivi.

OTTAVO CASO.

Se raggi convergenti passano da un mezzo raro in un mezzo denso terminato da una superficie concava. ivi
IX. ESPER. *la quale dimostra, che questi raggi diventano necessariamente meno convergenti di quello ch' erano, e che possono diventare paralleli, ed anche divergenti.* ivi.

NONO CASO.

Se raggi divergenti escono da un mezzo raro per entrare in un mezzo più denso, che sia terminato da una superficie concava. 199
X. ESPER. *la quale dimostra, non potere tali raggi soffrire verun cangiamento, ed anche poter diventare più o meno divergenti, che naturalmente non sono.* ivi.
Spiegazione di tutti questi effetti. 200
Proprietà, ed usi dei vetri concavi. 202

TAVOLA.

Contenuta nella Seconda Parte.

Continuazione delle proprietà della Luce.

TERZA SEZIONE.

DElla Luce ſcompoſta, ovvero della natura de' colori. 206
Differenti maniere di conſiderare i colori. ivi
ARTICOLO PRIMO.
Dei colori nella luce conſiderati. 209
Storia della ſcoperta di Neutono. ivi.
I. ESPER. che diede occaſione a detta ſcoperta. 211
Congbieture, che da principio ſervirono di ſpiegazione alla Eſperienza del priſma. 214
II. ESPER. per cui ſi vede, che una ſeconda rifrazione non diſtrugge gli effetti dalla prima prodotti. 217
Ragione di queſto effetto. 218
III. ESPER. per cui ſi vede, che l' immagine colorita prodotta dal priſma della prima Eſperienza è uno aſſembramento di cerchj di luce di colori diverſi. 219
IV. ESPER. la quale pruova, che i raggi di luce ſono coſtantemente più rifrangibili gli uni che gli altri. 221
V. ESPER. che conferma queſta verità. 222
VI. ESPER. per cui ſi vede, che i raggi, che ſono più rifrangibili, ſono altresì più rifleſſibili. 225
VII. ESPER. per cui ſi fa vedere ſette ſpezie di luce di differenti colori ben diſtinti. 228
VIII. ESPER. che puova, il colore di ciaſcun raggio omogeneo eſſere inalterabile. 231
IX. ESPER. da cui ſi vede, che i colori compoſti, che imitano quelli dei raggi omogenei, non ſono, come queſti, ſcomponibili. 236
X. ESPER. la quale pruova, che la privazione di colore nella luce eterogenea viene dal compiuto meſcolamento di tutti li raggi ſemplici. 239

Spie-

Spiegazione delle apparenze, che si osservano guardando gli oggetti illuminati a traverso di un prisma. 240

Effetti simili a quelli del prisma. 246

Differenze dei raggi più rifrangibili da quelli che lo sono meno, determinata da Neutono. 247

Conseguenza di detta differenza, rispetto ai telescopj di risrazione. 249

Spiegazione dell' Iride, o sia Arco Celeste. 250

XI. ESPER. *che fa vedere, come nascano i colori, che in tal fenomeno si osservano.* 251

ARTICOLO SECONDO.

Dei colori, considerati negli oggetti, e nel senso della vista. 256

Conghietture circa il modo, con cui i raggi omogenei vengono riflessi dalle superficie o trasmessi dalle spessezze dei corpi. 258

I. ESPER. *da cui si può conchiudere, che la riflessione, ed il trasmettimento di questa, o di quell' altra spezie di luce dipende dal grado di tenuità delle parti componenti li corpi detti coloriti.* 260

II. ESPER. *in cui produconsi varj fatti, che rendono molto plausibile questa ipotesi.* 263

Ragioni di varj effetti naturali, cavate da questa Esperienza. 256

Influenza dell' aria sopra molti cangiamenti di colori. 268

Cangiamenti di colori prodotti dalle fermentazioni. 271

Precauzioni di pratica, per rendere fissi i colori. 273

Cagioni della trasparenza, e dell' opacità. 274

III. ESPER. *che pruova, la trasparenza avere per sua principal cagione l' omogeneità delle parti.* 275

Osservazione di varj fatti concorrenti a pruovare la stessa cosa. ivi.

IV. ESPER. *per cui si pruova, che l' opacità viene da uno assembramento di parti eterogenee, e da una porosità irregolare, e mal livellata.* 277

Spie-

Spiegazioni di varj effetti, che hanno rapporto alla detta Esperienza. 278

QUARTA SESSIONE.

Sopra la Visione, e gl' Istromenti di Optica. 281

Due sorti di visione da distinguersi. ivi.

ARTICOLO PRIMO.

Della Visione naturale. 282

Descrizione dell' occhio, e sue funzioni. 283

I. ESPER. *che rappresenta artificialmente la visione.* 287

Osservazioni sopra le funzioni dell' occhio, sopra diverse sue malattie, e diversi fenomeni concernenti la visione naturale. 288

Due colori considerati nel senso della vista. 308

Dei colori accidentali. 309

Visione degli oggetti neri. 312

ARTICOLO SECONDO.

Della Visione ajutata dagl' Istromenti di Optica. 314

Invenzione ed uso degli occhiali, sì convessi, che concavi. 315

Loro proprietà dimostrate con una Esperienza. 321

Camera nera, da chi inventata. 322

Descrizione, ed uso di una camera nera portatile, e comodissima. 323

Polemoscopj di differenti maniere. 326

Casse Optiche di diversa costruzione, colla spiegazione dei loro effetti. 327

Telescopj di rifrazione, e di riflessione, loro Storia, loro uso, e spiegazione dei loro effetti. 329

Microscopj semplici, e composti; fin da quando inventati; ragioni dei loro effetti. 339

Lanterna magica, suo inventore, sua costruzione, e spiegazione de' suoi effetti. 346

Microscopio Solare, in qual tempo, e da chi inventato, sua descrizione, e spiegazione de' suoi effetti. 349

LEZIONI DI FISICA SPERIMENTALE.

LEZIONE XV.

Sopra la Luce.

QUANTO più nello ſtudio della natura ci avanziamo, tanto più reſtiamo ammirati della grandezza, e del numero delle maraviglie, che vi s'incontrano. Abbiamo nelle due ultime Lezioni veduto in qual modo tutto ſuſſiſta e ſi mantenga in mezzo ad un elemento capace di tutto diſtruggere, e conſumare: abbiam veduto il fuoco meſcolato intimamente a tutte le altre materiali ſoſtanze, ſenzachè nulla periſca per l'azione ſpontanea di eſſo; perchè queſt'azione troppo debole ſempre, e ſopita per ſe medeſima, non può deſtarſi, o accreſcerſi, ſe non per via di certi mezzi, de' quali l'uomo fra tutti gli enti animati, che ne pruovano egualmente gli effetti, è il ſolo dipoſitario. Trattaſi ora d'un fluido, che in un batter d'occhio traſportandoci dalla più tenebroſa oſcurità a quello ſtato ineſplicabile, che chiarezza ſi chiama, ci dà per dir così un' altra eſiſtenza, e ci trae fuori di noi medeſimi per inſpignerci incontro a' più lontani oggetti, e per metterci con eſſi in commercio. La *luce*, che tanti e sì fatti vantaggj ne procura, capaci pur anche ci rende a dirizzare con ſicurezza i noſtri movimenti, ed a dare alle noſtre azioni quell' ordine, e quella miſura, che loro conviene: ella co-

colora, e fa brillare tutte le produzioni della natura e dell' arte: e moltiplica l' universo dipingendolo negli occhi di tutto ciò, che respira.

Questo ente mirabile, e quasi incomprensibile, che fu dagli Antichi riguardato come un accidente della materia, e da alcuni illustri moderni posto in una mezzana classe al di sopra de' corpi, non osando certamente innalzarlo fino a quella degli spiriti; questo ente, dissi, così malagevole ad afferrarsi, ed a svelarsi, qualora di sua natura, e propagazione si tratta, molto facilmente si sottomette al calcolo, alle misure, ed all' esperienza, qualora soltanto si disaminano quelli de' suoi effetti, che hanno co' nostri sensi una più diretta, e più prossima relazione. Se dunque siam costretti a contentarsi d' ipotesi, e di ragioni solamente plausibili per soddisfare a certe quistioni di mera curiosità, ben possiam dire, che in quelle, nel cui scioglimento c' interessiam di vantaggio, noi abbiamo delle cognizioni più certe, e meglio provate.

Per seguire ordinatamente e le une, e le altre, vediamo prima, cosa sia la luce, dove essa risieda, e come dalla sua sorgente si spanda in tutto quello spazio, ch' ella rischiara.

Consideriamo in secondo luogo, quali direzioni ella segua ne' suoi movimenti, ciò che può fargliele mutare, e le strade ch' ella prende in queste sue mutazioni.

Tentiamo poscia di farne l' analisi, e vediamo quali sieno le proprietà delle parti sue separate le une dalle altre.

Finalmente diamo una occhiata ai principali effetti della luce tanto semplice, che composta, relativamente all' organo della vista, ed agli istrumenti, che servono a questa di soccorso, oppur l' accrescono.

SES-

SESSIONE PRIMA.

Della natura, e propagazione alla Luce,

PER queſta parola *luce* io intendo quel mezzo, di cui ſi vale la natura per fare nell' occhio quella viva, e quaſi ſempre dilettevole impreſſione, che *chiarezza* ſi appella, e per farne comprendere la grandezza, la figura, il colore, e la ſituazione degli oggetti, che fuori di noi ſi ritrovano in una convenevol diſtanza. Queſto mezzo, qualunque ſiaſi egli, è certamente un Ente diſtinto dal corpo viſibile, e dall'organo; riſiede a guiſa d' intermedio tra l' uno, e l'altro, ed occupa per ſe ſteſſo, e per la propria azione l' intervallo, che gli ſepara: Senza di ciò reputo impoſſibile di comprendere, come poſſa un corpo ſopra di un altro corpo agire.

Ma queſto agente, che all' occhio traſmette l'azione del corpo luminoſo, o illuminato, dev' eſſere egli ſteſſo un non ſo che di materiale: altrimenti come potrebb'egli ricevere e comunicare una modificazione, che alla ſola materia può convenirſi? Come potrebb' egli eſſer tocco, o agitato fiſicamente dall' oggetto viſibile, e ferire pur anche l' organo, ſu di cui ſi fa egli ſentire? Queſta ſola rifleſſione dovrebbe baſtare a farci comprendere, che la luce è effetto di una materia poſta in moto: ma in tante maniere queſta verità ſi dimoſtra ch' egli è impoſſibile di rivocarla in dubbio, ſoltantochè ſi voglia ragionare ſecondo i più generali principj della Fiſica. E perchè non ſi può per eſempio mirare fiſſamente il Sole? Perchè coloro, che ſono di viſta tenera, viaggiano eſſi con difficoltà ad occhi aperti ſopra la neve, o ſopra un terreno bianco? Donde avviene, che una perſona avvezza a dormire in una Camera molto oſcura, pri-

ma dell' usato si desta, se le finestre non si son chiuse. Non provano forse tutti questi effetti, che la luce ci tocca, c' incommoda, anzi ci ferisce, qualora le sue impressioni si fanno fuor di proposito, o son troppo forti? E qual altra sostanza, fuorchè una materia, può sopra i nostri corpi farsi sentire in tal guisa? Noi siamo per altro i padroni di accrescere, di diminuire, e rinchiudere in uno spazio la luce; ogni giorno ci accade di misurarne i movimenti, di sviarla, e di opporle degli ostacoli; nè certo potrebbesi da noi far lo stesso con un Ente immateriale, conciossiachè egli non caderebbe sotto li nostri sensi; e vano sarebbe ogni nostro sforzo.

Rimaremmo adunque d' accordo con tutti i Fisici de' tempi nostri, che quello che sparge la chiarezza in un luogo, e rende visibile gli oggetti, che vi si distinguono, è una vera materia, l' azion della quale più o meno può esser forte, secondo le circostanze. Ma quale siasi questa materia, e come si ritrovi nel luogo, in cui si fa sentire, si è questa una quistione, intorno a cui sono molto diversi i pareri.

Secondo il Cartesio, e coloro, che seguono esattamente la di lui dottrina, la materia propria della luce si è un fluido immenso, le cui parti picciole assai più che dir non si può, e rotonde a guisa di globetti riempiono con uniformità, e senza interrompimento veruno tutta la sfera di questo Universo. Il Sole, che vi sta nel centro, le stelle fisse, che ne sono quasi i limiti, e tutti que' corpi che s' infiammano sopra la terra ed altrove, animano la detta materia per un moto, che non la trasporta già d' uno in altro luogo, ma l' agita con una spezie di tremito somigliante in certa guisa a quello, che il suono produce nell' aria; di modo che l' astro, o il corpo fiam-

meg-

meggiante diventa così il centro d'una sfera luminosa non altrimenti, che una Campana, o altro corpo sonoro, che si dimeni, fa lontano, e d'ogni parte risonare la massa dell'aria, nel mezzo di cui sta collocato.

Qualora col Cartesio alle parti di detto elemento, che apporta la luce, o l'azione di cui è la luce stessa, si attribuisce una perfetta contiguità, ed una inflessibilità a tutte prove, si ha diritto altresì di dire con esso lui, che basta un istante indivisibile per trasmettere l'impulsione de' corpi luminosi alla più grande distanza: una fila de' sopradetti globetti, per quanto possa esser lunga, venendo spinta dall'una estremità, deve nel tempo stesso dall'altra agire, siccome una verga di ferro o di legno senz'alcun ritardo sensibile trasmette il colpo del martello impresso nell'una delle sue estremità; ovvero come si vede l'urto d'una palla d'avorio passare immantenente per un gran numero d'altre simili palle, che si tocchino ed abbiano nella medesima linea il loro centro; e veramente questa pretensione corrisponde benissimo al moto della luce, che pare istantaneo, perciocchè noi le vediamo scorrere sopra la terra, spazj considerabili in sì breve tempo, che abbiamo quasi perduta ogni speranza, e deposto il pensiero di misurarli.

Tale si fu l'opinione del Cartesio circa la materia della luce, ed il modo di propagarsi; opinione, che dovette ad alcuni cangiamenti soggiacere, perciocchè si fecero dappoi certe scoperte, che l'esigevano. Tuttavia il di lei fondo, che può sussistere, così naturale mi pare, e plausibile, ed acconcio per render ragione de' fenomeni, che ardisco dire, ch'ella sarebbe stata un'opinione universale, se certi particolari interessi non le si fos-

ſero fatti all' incontro. Lo ſteſſo Newton l' avrebbe abbracciata ancor' egli, ſe un mezzo eſiſtente nella vaſta eſtenſione de' Cieli paruto gli foſſe compatibile col ſiſtema delle attrazioni, o veramente ſe aveſſe ardito dire apertamente, che la luce è un Ente incapace di reſiſtenza.

Giuſta il ſentimento di queſt' illuſtre Filoſofo (*a*), e di coloro che ſeguono i ſuoi principj, la luce è una reale emanazion del corpo luminoſo: il Sole di continuo lancia all' intorno di sè de' raggi della propria ſua ſoſtanza, li quali ſi eſtendono ſino all' eſtremità della sfera del mondo; e queſti raggi ſono di parti compoſte, le quali ſuccedonſi, e ſi rinovellano perpetuamente nel luogo ſteſſo con quella preſtezza, che ben ci dà a divedere la propagazion della luce: ciaſcuna ſtella ſiſſa ne tramanda altresì in tutte le direzioni immaginabili, e per una neceſſaria conſeguenza di queſta ipoteſi la fiaccola, che di notte ſi accende in una vaſta pianura, non vi diviene viſibile, ſe non col riempire ad ogn' iſtante delle ſue luminoſe emanazioni uno ſpazio emisferico, che può avere più di due leghe di diametro.

Così, ſtando in queſto ſiſtema ultimo, la luce, o ſia ciò che ci fa vedere gli oggetti, ſi è ora una ſoſtanza celeſte, che dagli aſtri ſi diparte; ora una terreſtre materia che la infiammazione ſviluppa; ma da qualunque ſorgente derivi, ella cola però con una rapidità ſenza pari, e le ſue parti ſi dividono, ſi rarefanno, e ſi ſtendono in guiſa da formare dei Volumi, che hanno del prodigio, ſe il picciolo ſpazio ſi conſidera, che prima

(*a*) Queſta pure l' opinione ſi è di Gaſſendo, e d' alcuni altri Filoſofi moderni, che precedettero Newton, e che in queſto hanno ſeguite le idee di Democrito, e d' Epicuro.

ma gli conteneva, ed il tempo neceſſario per far loro acquiſtare un'eſtenſione sì grande.

S'egli conviene all'una di queſte due opinioni appigliarſi, dirò ſchiettamente, che la veriſimiglianza mi fa abbracciare la prima. Ella però non va eſente da difficoltà, che io non paſſerò già ſotto ſilenzio; nè mi ci voglio ſottoſcrivere, ſe non colle reſtrizioni, e coi cangiamenti, che le oſſervazioni, e l'eſperienza vi hanno fatto fare, e che il medeſimo Carteſio, ſeguendo il ſuo metodo, vi avrebbe ſenza dubbio introdotte, ſe foſſe viſſuto abbaſtanza per vederne la neceſſità. Ma pare a me, che con queſte condizioni più agevolmente ſi concepiſca l'origine, la propagazione, e gli effetti della luce, che ſupponendo delle emiſſioni effettive, continue, ed oppoſte fra di eſſe: locchè ci coſtringerebbe ad immaginare i più bizzarri accidenti per prevenire, o riparare il votamento degli aſtri; e certi principj dalla ſana Fiſica riprovati per conciliare i moti contrarj, che dovrebbono reciprocamente diſtruggerſi, o perdere le prime loro direzioni; certi modi o maniere di eſſere nella materia, non meno nuovi, che incomprenſibili, per liberarſi d'una ſoprabbondanza di raggi, che dovrebbono aver colmati tutti li pianeti dal tempo, che vi ſtanno eſpoſti, e per procurare di ritrovare il vuoto nello ſpazio de' Cieli, per cui gli ſteſſi Neutoniani non poſſono a meno di far paſſare tutti que' torrenti di luce.

Io ritrovo dunque, che minor oppoſizione vi ha alle idee già ſtabilite, e che più facile ad intenderſi ſi rende l'uomo, dicendo col Carteſio: „ Gli oggetti viſibili, come pure gli occhi, per „ i quali deono eſſer veduti, ſono ſempre immerſi „ in un fluido, che ſenza interrompimento dagli „ uni agli altri ſi ſtende: queſta materia interme-

 „ dia-

„ diale è suscettibile d'una spezie di moto, ch' è
„ a lei proprio, e non può essere sentito se non
„ nel fondo dell' occhio, come non può altresì
„ esser eccitato se non per via di corpi fiammeg-
„ gianti, o come tali. Tostochè ella è in tal gui-
„ sa agitata, l' organo collocato in qualunque
„ parte della sfera di attività, ne rimane infalli-
„ bilmente colpito; ed in tal punto l'anima com-
„ prende, e giudica ad una certa distanza, e nel-
„ la direzione del moto, che fece l' impressio-
„ ne, l'oggetto, che n'è la cagione.

Quando si stenti a credere, che così vadano le cose, facile sarà il persuadersene col riflettere all' uso di un altro senso destinato, come la vista, a farci conoscere gli oggetti, che son fuor di noi. In qual modo intendiamo noi la voce di un uomo, che di notte tempo di lontano ci parli? L'intendiamo noi forse per mezzo di porzioni d'aria rese sonore nella di lui bocca, e che attraversino poscia tutto quello spazio, ch'è tra il detto uomo e noi per venir a colpirne gli orecchi? Ben si sa, che ciò in tal guisa non succede: è noto: che una medesima massa d'aria di un'estensione grandissima riceve senza scomporsi l'azione, o sia il tremito del corpo sonoro in tutte le sue parti, e che ogni sano orecchio, che immerso vi si trovi, partecipa del suono, che il detto fluido trasmette per la contiguità delle sue picciole moli. Questo esempio, che niuno rivocar può in dubbio, non basta egli forse per farci credere, che il corpo luminoso, non meno del sonoro, fa passare la sua azione all'organo per un fluido, che di veicolo gli serve?

Ma qual è questo fluido sottile, che può così, in ogni tempo, ed in ogni luogo farci passare in un momento dalle tenebre più spesse alla più limpida chiarezza?

Gli

Gli effetti del fuoco portati sino all' infiammamazione lo fanno a' nostri occhi brillare, ed il chiarore che sparge molto al di là dello spazio si estende, in cui fa nascere il calore; per altra parte i raggi solari, che sono come la principal sorgente della luce, che il nostro globo rischiara, riscaldano ed infiammano quanto vi si espone, qualora l' azione loro si accresce col mezzo degli specchj, o in altra guisa. *Se* la luce abbrucia, ed il foco illumina, non si può egli ragionevolmente credere, che un solo e medesimo elemento questi due effetti produca; e che se l' uno vede senza dell' altro, ciò interviene perchè non dipendono tutti e due dalle stesse circostanze, benchè abbiano un solo e medesimo principio? Quest' opinione punto non discorda dalla semplicità ed economia, che regnar veggiamo nelle operazioni tutte della natura: per lo meno si può ammettere come un' ipotesi assai verisimile, quantunque deroghi a quella del Cartesio, che faceva dipendere la luce, ed il calore da due diversi elementi.

Chiunque si determina a credere veramente, che la materia del fuoco sia presente in quasi tutte le sostanze appartenenti alla terra; perciocchè si vede, che sensibilmente si riscaldano, anzi accendonsi per gli urti, ed i fregamenti esteriori, o per i movimenti interiori, che vi si destano, come l' ho dimostrato nella 12. Lezione, potrà medesimamente restar persuaso per moltissimi esempj tratti dai tre regni della natura, che la luce è presente ugualmente dappertutto sì al di dentro, che al di fuori dei corpi; e che non le manca per rendersi agli occhi nostri sensibile, se non se un certo moto, ed un mezzo proprio a trasmetterlo. Varj di questi esempj fan vedere a chiunque non ha pregiudizio in contrario, che ciò,

che brilla sulla superficie d' un corpo, può eziandio produrre, e mantenere del calore per entro allo stesso, se qualche circostanza di più favorisce quest' effetto.

PRIMA ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Bisogna scrivere sopra un cartone nero de' grossi caratteri con una verga di quel fosforo, di cui si fece menzione nella IV. Esperienza della 13. Lezione (*a*); indi portare il detto cartone in luogo molto oscuro.

EFFETTI.

I caratteri appajono lucentissimi: se fa caldo, più viva è bensì la loro luce, ma più presto si dissipa: ella dura di più, e patisce alcune intermittenze, se v' è freddo, o umido: si fa sparire interamente, soffiandovi forte sopra colla bocca, o con un soffietto; dopo di ch' ella si rinvigorisce da se stessa: il fregamento la fa brillare con maggior forza; e se col dito si prosegue a fregare, questa luce diviene un fuoco sensibile capace di bruciar la pelle, e cagionare un dolore assai vivo: in tutto il tempo che dura detta luce, s' innalza continuamente ne' siti, in cui son segnati i caratteri, un vapore bianchiccio, avente tutto l' odore del fosforo.

SPIEGAZIONI.

I caratteri formati col fosforo sul cartone deono essere considerati, come una leggerissima porzione di quella materia, che lo strofinamento ha distaccata dalla picciola massa, che ha la forma d' una matita. La stessa cagione distaccando così le parti del fosforo ha messo in azione il fuoco elementare,

(*a*) Tom. IV. pag.... e seg.

re, ch' esse naturalmente contengono; e siccome sono esse maisempre pronte a cedere alla detta azione, tostochè distese si trovano, e come isolate sopra d' una superficie non coperta che di aria, così si disuniscono, si dissipano, e lasciano allo scoperto la piccola porzione di fuoco, che conteneva fra di loro.

E sono appunto le parti proprie (*a*) del fosforo, quelle che veggonsi esalare in un fumo bianco, fatto che si è quel picciolo scoppio. Se il vento le dissipa prima, quella vivezza di luce, ch' esse dovevano produrre, non vi ha luogo, cessano d' essere rilucenti i caratteri, infinattantochè altre nuove parti per se stesse cedendo al fuoco interiore, che le anima, non abbandonino che per questa cagione il cartone, a cui stavano applicate.

Ciocchè ben dimostra, a parer mio, che questa dissipazione di parti del fosforo viene cagionata da una forza interna, e non dall' azione del fluido ambiente, si è il vedere, ch' ella è più pronta e più grande nel vuoto, che all' aria libera: io l' ho più volte sperimentato tagliando in due parti una carta, su di cui io aveva segnate alcune linee con un fosforo; e mettendo l' uno de' due pezzi in un recipiente di macchina pneumatica, in cui l' aria si trovava al sommo rarefatta, mentre l' altro rimaneva sopra una tavola nella stessa camera; se questo continuava a rilucere per 25 minuti, la luce del primo ne durava almeno 5, o 6 di meno, ma era bensì sempre più.

Il

(*a*) Intendo quì per le parti proprie del fosforo le altre sostanze, colle quali la materia del fuoco è unita: io non fo questa distinzione, se non per ispiegarmi più comodamente: parlando con esattezza, il fuoco elementare è una delle parti proprie del fosforo: senza di lui gli altri principj componenti non sarebbero mai fosforo.

Il calore deve produrre lo stesso effetto, che il vuoto, come assicurato me ne sono altresì per l'esperienza. La soppressione del peso dell'atmosfera, o della sua pressione è un ostacolo di meno, le parti del fosforo distese sul cartone sono così più in libertà di disunirsi cedendo alla forza dilatativa, che le sollecita a farlo; alcuni gradi di calore di più nel luogo, in cui si fa l'esperienza, aggiungono una nuova attività al fuoco interno, che tende ad aprirsi la strada, e nell'una o nell'altra maniera la luce dei caratteri deve comparir più viva, e più presto dissiparsi.

Il fregamento fa ancor di più; egli irrita non solamente il fuoco delle parti più superficiali, e più pronte a vincere la forza, che le tiene attaccate al cartone, ma fa lo stesso per quelle, che si trovano più addentro, che sono coperte, e più unite: donde nasce un calore sensibile, quando la porzione di fosforo formante i caratteri è un po' spessa, non solamente perchè vi ha più di fuoco in moto, ma perchè questo moto diventa altrettanto più violento, quanto il fuoco elementare, che lo riceve, si trova in mezzo ad ostacoli più difficili a superarsi, come feci osservare nelle due ultime Lezioni.

Quindi noi possiam dire, che l'elemento del fuoco, che per se stesso, e senza essere suscitato, si libera dalla materia propria del fosforo, non ha d'ordinario calore sensibile a motivo del poco sforzo, ch'egli far deve per rompere, e dissipare quello che lo contiene; ma questa debole azione, che non ha effetto sensibile sugli altri corpi, ne ha molto ancora quando quest'elemento non ritrova da urtare, se non delle parti della propria spezie, attissime senza dubbio a ricevere quella sorta di moto, ond'è animato egli stesso. Appena egli è libe-

libero, che agita alla ſua maniera, e fino ad una certa diſtanza la materia della luce, che riempie lo ſpazio, in cui riſplende: e ſiccome queſta materia penetra ſenza interrompimento inſino al fondo degli occhi noſtri, gli organi, a' quali diede la natura il grado di ſenſibilità a queſt' effetto proporzionato, ne ricevono l' impreſſione per tanto tempo, e coll' ordine ſteſſo, ſecondo cui quelle porzioncelle di fuoco rilucono ſulla ſuperficie del cartone.

II. ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Ritrovaſi in molte parti dell' Italia, e principalmente preſſo Bologna una pietra groſſa per lo più come un uovo di pollo, di figura irregolarmente rotonda, di color bigio, e partecipante della natura del talco. Queſta pietra, o alcun' altra di quelle, che vi ſi poſſono ſoſtituire, (a) eſſendo ſtata calcinata al fuoco di carbone, e conſervata in una ſcatola guernita di cotone o flanella, ſi eſpone per alcuni minuti all' aria libera, ed alla luce, benchè piuttoſto all' ombra che al Sole; dopo di che ſi ritira per eſſer veduta in un luogo chiuſo, ed oſcuro: e perchè poſſa meglio riu-

(a) Tralaſcio anche quì, come già ho fatto in più luoghi di queſt' Opera, di riferir per minuto le diverſe preparazioni della pietra di Bologna, e d' indicare le altre ſpezie di pietre, che render ſi poſſono luminoſe per mezzo della calcinazione: e finche ſi pubblichi un' Opera, in cui mi propongo di eſporre tutte quelle coſe, che per non dare in troppo lunghe digreſſioni deggio quì ſopprimere, ſe alcuno vorrà iſtruirſi di quanto ſi richiede per replicare queſt' eſperienza, potrà conſultare il corſo di Chimica del Lemery pag. 828; e le Memorie dell' Accademia delle Scienze del 1730. p. 524.

riuscir l'esperienza, giova molto che coloro, i quali deono considerarla, abbiano per qualche tempo avuti gli occhi chiusi, o che sieno stati per alquanti minuti all'oscuro.

La pietra portata dalla luce del giorno al bujo compare luminosa come un pezzo di ferro arroventato, che già comincia ad estinguersi: questa luce dura per alcuni minuti indebolendosi sempre più, dopo di che affatto dispare.

La pietra di Bologna, e tutte quelle che ne hanno le stesse proprietà, non mostrano alcun grado di calor sensibile, quando divengono luminose: qualora vengono esposte a' raggi del Sole, ovvero all'ardore del fuoco per riscaldarle, la luce, che vi acquistano, è d'ordinario men forte di quella, ch'esse ricevono dalla semplice chiarezza del giorno.

Quando le dette pietre hanno molte volte servito, o sono state per lungo tempo all'aria in luogo chiaro, perdono poco a poco la loro qualità; ma si può questa render loro con una nuova calcinazione.

Finalmente queste pietre di fresco preparate, e quando sono in istato di servire all'esperienze, hanno un odore quasi sulfureo, che certo non hanno quando si disotterrano.

SPIEGAZIONI.

L'odore, che la pietra di Bologna prende passando pel fuoco, ben dà a conoscere che i suoi zolfi naturali sono stati spogliati della parte terrestre, e degli altri principj a segno di poter facilmente dal di dentro al di fuori passare: questi zolfi assottigliati contengono, come tutto il rimanente, delle particelle di fuoco; ma con questo divario, che dispostissimi essendo ad ubbidire alla forza dilatativa di questo elemento, poco o nulla ci vuole

per

per infiammargli; e la sola luce del giorno men chiaro è un fuoco bastante per accenderli.

Si può dunque riguardare quella luce rossiccia, di cui si vede risplendere la pietra di Bologna, come una leggerissima fiamma, che fiammeggia ne' pori di quella materia calcinata, ed attraverso delle parti terrestri, che non hanno che un' imperfetta trasparenza. Una fiamma così leggera non può cagionare un calor sensibile, essendo essa un fuoco, ch' esce quasi senza resistenza. Si estingue poscia dopo alquanti minuti, perciocchè dissipate si sono le parti infiammate, e il detto fuoco non ha la forza di comunicarsi a quelle, che si trovano più addentro nella massa.

Non che più rilucente si renda la pietra coll' esporla ai raggi solari, o all' ardore d' un gran fuoco, sembra all' opposto che se ne diminuisca la luce, probabilmente perchè allora si fa una troppo grande, e troppo pronta dissipazione delle parti accensibili della superficie; o forse ancora perchè l' agitazione cagionata nelle parti più materiali della pietra, che divien calda, serve d' ostacolo alla regolarità del moto conveniente alla luce.

Nè forse per altra cagione, che per una più lenta dissipazione di dette parti accensibili della superficie, perde la pietra col tempo la sua proprietà: ciò si può almeno supporre, poich' ella più lungamente si conserva, s' è avviluppata nel cotone, come se allora che in tal modo s' avvolge, e si tiene all' oscuro, le si risparmiasse un' infiammazione, che dissipa ciò che la fa risplendere; e poich' ella si rimette per mezzo d' una nuova calcinazione: come se l' azione del fuoco facesse alla superficie nuovi zolfi risalire.

III.

III. ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Si prenda una tovagliola di pannolino unito di bucato, di mediocre finezza, e bene asciutta: si esponga al fuoco insino a che sia ben calda; poi si porti prontamente in luogo oscuro per iscuoterla col passarvi sopra velocemente la mano, o facendola sdrucciolar fra le dita: e si avverta, che un tempo fresco e secco è più acconcio a quest' Esperienza, che un tempo umido e caldo.

EFFETTI.

Si osservano sopra la tovagliola, come delle scintille di fuoco; e si vedono delle macchie, e delle striscje di luce nei siti, che sono fregati con forza tra le dita, o colla palma della mano.

SPIEGAZIONI.

I panni lini, come altresì gli altri corpi, contengono nelle proprie parti quell' elemento, per lo cui mezzo fannosi gli oggetti luminosi, o visibili. Questa materia involta, e ritenuta dalle parti proprie del panno lino ha bisogno d'essere suscitata per aprirsi la via, e sbucar fuori; ed a questo effetto la dispone appunto il calore, ed il fregamento fa il rimanente.

Si può dire altresì, che la tovagliola esposta al fuoco molto da vicino ha ricevute delle parti ignee involte ancora nella materia combustibile, colla quale si son esse fuggite dal focolare, ed alle quali altro non manca per accendersi, che qualche grado d'attività di più, che acquistano per lo scotimento, ed il fregamento della mano.

Checchè ne sia, si può credere benissimo, che quella luce, la quale si mostra per via di scintille o di striscie sul panno lino, altro non sia che fuoco, poichè il calore la dispone a risplendere, ed

ed essa non meno del fuoco si suscita col fregamento delle parti, che la contengono. Ma un fuoco si è questo, che ne' più aperti pori, e nella superficie del panno lino risiede, e che facilissimamente accendendosi si dissipa altresì senza consumar nulla, e senza produrre alcun calore sensibile.

APPLICAZIONI.

I corpi, che all' oscuro rilucono senza essere accesi per via d' un fuoco straniero, si chiamano *fosfori*; cioè a dire, *portanti luce*. Pochissimi altre volte se ne conoscevano; ma da un Secolo in qua, dopo soprattutto che si cominciò a coltivare la Fisica per mezzo dell' osservazione, e dell' esperienza, così sovente incontrate si sono di queste maraviglie, e talmente si sono esse moltiplicate, che bisognerebbe ora formare un assai grosso Volume per tutte comprenderle. Io devo astenermi da una minuta esposizione, che troppo dall' oggetto principale mi dilungherebbe; ma non posso tralasciare di quì riferire in forma d' estratto quanto vi ha di più curioso in tal genere, tanto più, che niente è sì acconcio a dimostrare quello, a cui son ora indirizzate le mie mire; cioè la presenza della materia della luce in tutti i corpi, in tutti gli spazj, e la sua identità con quella, che poc' anzi abbiamo appellato *fuoco elementare*: imperocchè pochi sono que' fosfori, a cui non si possa applicare molto convenientemente, se non m' inganno, alcuna di quelle spiegazioni, di cui testè mi valsi per dar ragione delle tre precedenti esperienze.

Si possono distinguere in generale due sorte di fosfori: gli uni, che chiameremo *naturali*, perchè rilucono d' una luce spontanea, senza preparazione, o almeno per certe disposizioni, che acquistano da lor medesimi; gli altri, che chiameremo *artificiali*, perchè fosfori non divengono, se non

per vie inventate dall' arte. D' amendue le sorte se ne ritrovano nei tre regni, che abbraccia la Storia Naturale.

Notissimo si è un insetto, che di notte tempo riluce nelle campagne, e che perciò dai Francesi si appella *ver-luisant*. Questo piccolo animale, che sembra scorgere i passi de' viandanti, è la femmina d' uno scarafaggio (*a*) di color bruno, che ha delle ali, ed a cui quella luce (della quale si può quasi dir privo egli stesso) fa di lontano vedere il soggetto, a cui per perpetuare la propria specie si ha da congiungere. Questo verme non è già luminoso in tutto il suo corpo, ma solo nel basso ventre, la cui pelle è trasparente; e quella luce, che spande, appartiene ad una materia fluida, che ha negl' intestini, e che riluce tuttavia per alcuni minuti, dopo che si è fatta uscire premendo la parte, che la contiene. Sembra però essere in balìa dell' animale il lasciarla rilucere, o l' estinguerla per un tratto; imperciocchè la luce non è sempre la stessa, e talvolta pure non si vede affatto: il che mi fa credere, che quella spezie di fosforo, che fa parte dell' animale, e pare soggetta alla di lui volontà, sia una materia, in cui l' elemento del fuoco non si trova, che leggerissimamene involto, di maniera che facilmente si animi quanto basta per accendere solamente una materia in tutto simile, che al di fuori risiede.

Lo stesso penso io pure d' infiniti altri animali, che hanno questa singolare proprietà di rilucere fra le tenebre; imperocchè da per tutto se ne trovano, e potrebbe dirsi, che ogni elemento abitabile ha i suoi. Ne' paesi Settentrionali dell' Europa,

(*a*) Chiamansi scarafaggi in generale quegl' insetti volanti, le cui ali si ripiegano sotto certe guaine scagliose.

pa, anzi nel centro della Francia non ve n' ha, se non di quelli, che sulla terra si strascinano; ma nella Spagna, nell' Italia, nella Sicilia, ed ancora in alcune delle nostre Provincie meridionali nelle notti estive d' ogni parte si vede l' aria scintillare. Questo spettacolo dilettevole soprattutto ad uno straniero vien prodotto da un picciolo scarafaggio (*a*) molto simile al maschio del verme-lucente di sopra mentovato; e questo insetto prodigiosamente si moltiplica in certi anni, la cui luce, che parte dal ventre, è continua, e tanto viva, che due o tre di tali animaletti da me rinchiusi in un tubo di vetro mi facevano distintamente vedere tutti gli oggetti della mia camera nel più bujo della notte. Questa luce ancora più si avviva ed accresce, come per vibrazione, quando vola, o si scuote l' animale. E questo senza dubbio indicar voleva il Vallisnieri, quando diceva, che gl' insetti luminosi del suo paese imitavano assai bene le stelle del Cielo sì nella chiarezza, che nella figura della loro luce (*b*).

Quello, che per forma d' esperienza io feci con gli scarafaggi luminosi d' Italia, si fa per uso e comodo loro dai contadini nelle Antille, ed in varj luoghi delle Indie con un altro insetto assai più grosso, e da cui esce una luce molto maggiore, e più durevole. Si è questo una spezie di mosca assai grossa, che Madamigella Merian ha descritta fra gl' insetti di Surinam, e su di cui si fecero delle nuove osservazioni dal Sig. di Reaumur (*c*). Serve agli abitanti del paese di lume, dice il Padre

(*a*) Lucciola dagl' Italiani si appella.

(*b*) *Non mancandovi luminosi viventi delle vere stelle nella figura, e nella luce gentilissimi emulatori*. Racc. di varie osserv. p. 227.

(*c*) Hist. des Insectes, Tom. 5. p. 192.

dre du Tertre (*a*) tanto per andar, e venire; che per lavorare la notte: dura un medesimo animale circa 15. giorni; dopo di che si rinuova.

Il mare istesso non è povero di tali maraviglie, e fin nel seno delle acque brillar si vedono di questi fuochi viventi, senza parlare di certi pesci, nè di alcune altre conchiglie da lungo tempo ammesse nell' ordine de' fosfori: posso dire, per averlo io non ha molto osservato, che durante la state le rive dell' Adriatico, e del Mediterraneo abbondano di certi animaletti meno grossi della testa d'uno spillo, i quali mirabilmente scintillano. Una gran quantità se ne vede soprattutto nelle lagune di Venezia dovunque vi ha del muschio, o di quell' erba, che *alga marina* vien detta. Quivi ne feci la scoperta nel 1749. dopo di avere con grandissima sollecitudine ed assiduità ricercato, qual esser potesse la cagione di tanti fuochi, ch' io vedeva brillar la sera sotto a' colpi de' remi all' incontro delle gondole, e lungo le mura percosse da' flutti. Io era già stato prevenuto, come il seppi dappoi, dal Sig. Vianelli Dottore di Medicina in Chioggia. Si può vedere in un libretto (*b*) da lui fatto stampare in Venezia alcuni mesi dopo la mia partenza, ed invia-

to-

(*a*) Nella sua Storia generale delle Antille.

(*b*) *Nuove scoperte intorno le luci notturne dell' acqua marina*, ec. in Venezia 1749. In leggendo la prefazione di quest' operetta pag. 10. potrebbe creder taluno, che in seguito alla relazione fattami della scoperta del Sig. Vianelli io avessi riconosciuto, che la luce notturna dell' acque di Venezia veniva cagionata dagl' insetti; ma la verità si è, che la detta relazione non mi fu fatta, se non dopo la mia osservazione, in casa dell' Emin. Cardinal Quirini, e alla presenza di otto o dieci persone, che me ne renderebbono all' occorrenza buonissima testimonianza. Io son certo, che il Sig. Vianelli m' avrebbe risparmiata

la

romi dopo il mio ritorno in Francia la figura del mentovato insetto, ch' io credo essere del genere delle scolopendre; benchè, a dir vero, non avendolo io veduto, che colla lente, nè avendo avuto i comodi necessarj per esattamente esaminarlo, non possa affermare d' aver veduto tutto quello, che rappresentato viene nel disegno del Sig. Vianelli.

Non solamente rilucer si vede gran quantità d' animali, a cui accorda la natura tale proprietà per tutto il tempo della lor vita, come dagli esempj or addotti si vede; ma pare ancora, che quelli, che viventi non tramandano luce veruna, sieno tutti capaci di diventar luminosi dopo morte, almeno in alcune delle loro parti, qualora un certo grado di fermentazione, o di putrefazione ha posto la materia propria della luce, che in dette parti risiede, non meno che altrove, in istato di sciogliersi, e dimostrarsi alla scoperta. Si è veduto in Orleans, ed altrove, tutta la carne d' un macello coprirsi di macchie risplendenti, incuter timore sopra l' uso, che far se ne doveva, e meritarsi la speziale attenzione dei Magistrati. Si vedono spesso dei rimasugli di pesci risplendere negli angoli delle strade, o nelle cloache, in cui si scaricano le grandi cucine: il pelo de' gatti, e quello di molti altri ani-

la cura di metter quì la presente nota, s' egli avesse saputo in qual modo s' erano passate le cose; anzi l' avrei tralasciata io medesimo, quando non avessi altro interesse, che quello di conservarmi la parte, che posso avere in questa scoperta: ma mi preme assaissimo, che non si creda, ch' io me l' abbia voluta appropriare, come ragion si avrebbe di pensare, se fosse vero, ch' io ne fossi stato istruito prima di osservare gl' insetti luminosi, e se quando feci menzione della mia scoperta, non avessi renduto sopra di ciò quella giustizia, che al Sig. Vianelli ben si deve. V. le Mem. dell' Accademia delle Scienze 1759. p. 50.

animali scintillano sotto la mano, massime se fa freddo; molte persone ancora non possono all' oscuro pettinarsi senza far vedere, e senza udire altresì del fuoco uscire da' loro capelli. A questa spezie pure ridur si deono quegli splendori, che spaventano i mozzi di stalla, e fanno lor dire, che certi cavalli sono dagli *spiriti folletti* governati. Si sono pure anche veduti in ogni tempo certi vapori crassi, o spiritosi esalati da corpi viventi accendersi come da per loro, e produrre un fuoco così leggiero, che non era sensibile, se non per la sua luce; e questo è ciò che si ritrova appellato col nome d' *ignis lambens* negli autori sì antichi, che moderni (*a*).

Se dalle materie animali facciam passaggio alle vegetabili, un gran numero altresì ne troveremo, che d' una luce risplendono naturale, e spontanea. E chi non sa, che i legni teneri e morti, qualora son giunti ad un certo grado di putrefazione, conservano, per così dire, la notte quella luce, che di giorno gli rischiarò; e se prestar fede si deve ad alcuni celebri autori (*b*), così grande e così comune si è nel Norte questo fenomeno, che i Viaggiatori per camminare la notte sicuramente si fanno portar innanzi dalle loro guide dei pezzi di tal legno luminoso, da cui sufficiente lume ritraggono.

Questa prerogativa non erasi per anche riconosciuta, che in un picciol numero di materie di tal

(*a*) Virg. Æneid. lib. 2.
Ecce levis summo de vertice visus Juli
Fundere lumen apex, tactuque innoxia molli
Lambere flamma comas, & circum tempora pasci.
Singolarissimi esempj di questi luminosi vapori s' incontrano presso il Vallisnieri tom. 3. p. 212. e seg., ed in un trattato di Ezechiello de Castris intitolato: *Ignis lambens*.

(*b*) *Olaus Magnus, Oviedo &c.*

tal genere, quando il Sig. Beccari Professore di Chimica, e Membro dell' Instituto di Bologna pensò, ch' essa potesse appartenere a molte altre spezie ancora, non con altra differenza forse, che con quella del più o del meno, sia per la durazion della luce, sia pel grado della forza della medesima. Degnissimo d' essere riferito si è il mezzo dal suddetto ingegnosissimo Fisico adoperato per farne la prova. Egli si fece costruire una loggia portatile, che chiudere si poteva in guisa che la luce esteriore ne veniva affatto esclusa, e nell' un lato di detta loggia fece fare una torre simile a quelle de' Conventi di Monache: mediante questo apparato poteva egli lungo tempo rimaner all' oscuro, disporre così gli occhi suoi a sentire una luce debole, far passare quante volte egli voleva, e quasi in un subito i corpi, de' quali voleva far prova, dalla luce del giorno alla più perfetta oscurità; condizioni tutte necessarie in esperienza di questo genere.

Così procedendo il Sig. Beccari riconobbe, che l' abete secco, e quale dai falegnami si adopera, diverse scorze d' alberi, e di piante di colore inchinante al bianco, il cotone, il sale concreto delle piante, il tartaro, il zucchero, e la cera bianca, la tela di lino, quella di canapa, e soprattutto la carta, sono altretanti fosfori naturali, che alla chiarezza del giorno si accendono, e continuano risplendere per alcuni minuti all' oscuro, benchè di una luce men viva di quella de' legni putrefatti.

Simili ricerche fece lo stesso Fisico intorno alle materie animali, ed intorno alle fossili: quanto a quest' ultime già l' aveano in parte prevenuto il Boyle, ed il Sig. Dufay. Il primo avendo a caso incontrato un diamante, ohe luminoso era,

qualora dal lume all' oſcuro ſi traſportava, in ogni maniera l' eſaminò, e ne fece il ſoggetto d' un trattatello (*a*) in cui s' incontrano curioſiſſime dimoſtrazioni. Il ſecondo partendoſi da queſto primo fatto, e da alcuni altri poco diſſimili da diverſe perſone riferiti, molto eſteſe queſte ſcoperte, dimoſtrando, che la proprietà di così riſplendere fra le tenebre a quaſi tutti i diamanti apparteneva, maſſime ai gialli, ed a buon numero d' altre fine pietre.

Vedendo adunque il Sig. Dufay moltiplicarſi ſenza fine queſti foſfori naturali, confortò i Fiſici ad entrare a parte del ſuo lavoro, e ad ajutarlo in una novella meſſe, che ineſauſta gli pareva: e queſto invito fu probabilmente quello, che fece riſolvere il Sig. Beccari a proſeguir le ricerche già da lui principiate ſopra tali ſoggetti. Dalla lettura del ſuo egregio trattato ſi vede (*b*) che diverſe ſpezie di terre, di arene, di pietre dure, molli, opache, traſparenti, figurate, ed altre, le concrezioni petroſe, le materie animali petrificate, i ſali ec. tramandano all' oſcuro un lume più, o meno vivo, quando prima ſono ſtati eſpoſti alla luce.

Proſeguendo le ſue prove ſopra il regno animale vide riſplendere nell' iſteſſa foggia le oſſa, i denti, i bezoar, le pietre delle reni e della veſcica, quelle, che ritrovanſi nelle teſte de' peſci, e più di tutto i guſci delle uova; dimodochè di tutte quante le

(*a*) *Adamas lucens*. Queſto diamante, che apparteneva al Sig. Clayton, fu dal Re Carlo II. comperato, come coſa rara: del reſto era una pietra di un' acqua cattiva, e molto difettoſa.

(*b*) *De quamplurimis foſforis nunc primum detectis Commentarius*. Bonon. 1744. Queſt' operetta dev' eſſere proſeguita, e già fu letto il proſeguimento nelle Adunanze accademiche dell' Inſtituto.

le ſpezie componenti la natura, ſe i metalli, e
ciò che gli contiene, ed i corpi altresì di un colore oſcuro ſi eccettuano, ſi può dire, che pochi ve
n' ha, che non forniſcano degli eſempj di queſti
corpi luminoſi. Dico così per indicare, che sì
fatta qualità non appartiene ſempre all' intera ſpezie, ma bene ſpeſſo a certi individui di ciaſcuna
ſpezie: così per eſempio tutti i diamanti bianchi
non l' hanno, e quelli, che pur l' hanno, non
moſtrano nulla di notabile, a cui ſiaſi finora potuto attribuir queſt' effetto.

Dai fosfori naturali paſſiamo a quelli, che l' arte ci ha proccurati, che pure ſi è ſopra tutti e
tre i regni eſercitata. Le differenti preparazioni,
per mezzo delle quali a rendere ſi arriva le materie luminoſe, o proprie a divenir tali, ridur ſi
poſſono a tre principali. Baſta ſpeſſe fiate riſcaldarle, diſeccarle, o cuocerle con un grado di fuoco mediocre, il quale laſci ſuſſiſtere la maggior
parte delle loro qualità ſenſibili: certe volte ſi ottiene il medeſimo fine per via d' una forte calcinazione, la quale cagioni conſiderabili cangiamenti nelle parti eziandio più picciole ſenza
sfigurarne la maſſa. Finalmente ſi preparano ancora per mezzo di diſſoluzioni, di meſcolamenti,
e poſcia dall' azione d' un fuoco violento; il che
per dir così fa mutar natura ad eſſe ſoſtanze,
e loro fa prendere nuove forme.

Col primo di queſti metodi riuſcì al Sig. Beccari di conferire la qualità di foſfori a molte materie, che naturalmente non l' hanno; e fra quelle,
che l' hanno, varie ne ritrovò, che un certo grado di
calore, il diſſeccamento, o la cottura faceva riſplendere d'una luce aſſai più ſenſibile: tali ſono per eſempio la carne di pollame, le oſſa, i nervi, i ſughi
condenſati, come la colla di bue, e quella di peſce,
il

il cacio ec. e fra i vegetabili le mandorle, l'interno delle castagne, le fave, il bricciolo del pane, e lo stesso caffè, purchè abbruciato non sia sino a diventar nero, come lo è d'ordinario. Ma niuna di queste cose pare più notabile di quella, che alla carta succede; imperocchè il foglio, su di cui stette applicata alcuni minuti una lamina di metallo riscaldata, ne porta luminosissima la immagine al bujo, e così perfetto è questo impronto, che si potrebbe con rami frastagliati e riscaldati imprimer così ogni qualunque sorta di disegno rilucente, con cui si sorprenderebbe senza dubbio chiunque prevenuto non ne fosse.

Puossi riguardare la pietra di Bologna, come l'origine, ed il primo esempio de' fosfori, che per semplice calcinazione si fanno: questa scoperta prodotta dal caso tanto parve ai Fisici, ed a i Naturalisti maravigliosa, che molti dottissimi trattati scrissero sopra di essa. Ma poi, secondochè arriva di tutto, si avvezzarono a poco a poco a questa maraviglia, e cercandone delle simili fra le altre poco diverse spezie, e ritrovandone nello stesso paese (*a*) divenne finalmente una cosa assai comune. Il Sig. Dufay mostrò nel 1730. in una Memoria già da me citata di sopra, che il topazio de' Droghisti, i belemniti, gli alabastri, i marmi, i gessi, le conchiglie petrificate tenere, le pietre di calcina, ed in generale tutte quelle, che possono da uno spirito acido essere disciolte, imitavano co' loro effetti la pietra di Bologna, con questo divario, che non avevano tutte una luce nè così viva, nè così durevole, com' essa; ma che la loro virtù, non men della sua, poteva di nuovo animarsi per via d'una nuova calcinazione.

Bal-

(*a*) Mentzelio Sect. 2. cap. 5. cinque spezie ne numera ne' contorni di Bologna.

Baldoino Chimico Tedesco o appostatamente preparò, o a caso incontrò una materia, di cui annunziò (*a*) gli effetti, come aventi molta somiglianza con quelli della pietra di Bologna; ma con termini sì enigmatici si spiegò circa questa sua scoperta, che chiunque volle imitarlo, si trovò costretto a far da indovino. Vi si applicarono i migliori Professori, e finalmente si apprese dal Kunckel, dal Boyle, e dal Lemery ec. che una dissoluzione di creta fatta coll' acqua forte, svaporata, e poscia calcinata era un fosforo, i cui effetti corrispondevano a quelli, che da Baldoino si attribuivano al suo *fosforo ermetico*.

Con questo principio ulteriori progressi fece il Sig. Dufay; ed i fosfori di tale spezie talmente moltiplicaronsi fra le di luì mani, che per farne conoscere la quantità stimò meglio annoverar le materie, che eccetuar si doveano. „ A riserva, dic' egli, delle pietre dure ed impenetrabili agli acidi, come le agate, i diaspri, le selci, il porfido, l' argilla, la sabbia, il cristallo di rocca, quel d' Islanda, la sabbia di riviera, la pietra di lar, quella della croce, l' ardesia, il vero talco, e le pietre preziose; alcuna delle quali non m' è riuscita, non ve ne ha forse veruna, che luminosa non sia, o per semplice calcinazione, o per la preparazione da noi descritta, o per l' una e per l' altra di queste due maniere. „ *Mem. dell' Accad. delle Scienze* 1730. *p.* 528.

Diciamo ancora collo stesso Accademico „: Da quale stupore non resterebbono in oggi sorpresi coloro, che volumi intieri scrissero in elogio delle maravigliose qualità della pietra di Bologna, se vedessero essere quasi imposibile di trovare alcuna materia nel mondo, che non abbia le „ stes-

(*a*) In app. ad an. 4. & 5. natur. curios. p. 171.

„ steſſe prerogative? Sarà per tanto d' ora in poi
„ un ſingolariſſimo fenomeno quella materia, che
„ nè per calcinaziozione, nè per diſſoluzione rende
„ re non ſi potrà luminoſa. „ *ibid. p.* 534.

Piacemi tuttavia moltiſſimo l' ingegnoſo rifleſſo, che s' incontra in fine dell' opera ſopraccitata del Sig. Beccari: " Siccome penſarono con tutta
„ veriſſimiglianza aſſaiſſimi Fiſici, non eſſervi corpo
„ veruno privo aſſolutamente di calore; così
„ pure dir ſi potrebbe, non eſſervene veruno per-
„ fettamente oſcuro „. In fatti contenendo tutte le materie nel loro interno il principio dell' infiammazione, e della luce, ſono forſe ſoggette a deboli infiammazioni, che tante volte ſi rinnuovano, quante alla luce de' corpi luminoſi ſi eſpongono; e ſe queſti effetti non oſſerviamo, ſe non in certe ſpecie, ed in certi caſi particolari, creder ſi può, che ciò non avviene già, perchè ſieno rare, ma perchè abbaſtanza non ſono delicati i noſtri ſenſi per ſentirli dovunque eſſi eſiſtono (*a*).

L' indicibile velocità, con cui opera la luce nella maggior diſtanza, a cui l' occhio pervenir poſſa ſulla terra, fece forſe dapprincipio penſare, che aſſolutamente iſtantaneo ne foſſe il moto: tale ſi è l' idea, che formata ſe n' era il Carteſio, prima che ſi trovaſſero delle ragioni capaci a far penſare altramente; ma nel 1675. ſi oſſervò dal celebre Domenico Caſſini nel ritorno dell' eccliſſi del primo Satellite di Giove un ritardo, che gli fece credere, che la luce impiegaſſe intorno a 14. minuti nello attraverſare l' intero diametro dell' orbita annua-

(*a*) Si deve aggiungere all' Articolo de' fosfori artificiali quanto s' è detto nella Lezione tredicesima intorno al fosforo di Brant, ed a quello di Homberg.

nuale della terra; e che noi non riceveſſimo, ſe non dopo 7. minuti la luce emanata dal Sole, che occupa quaſi il centro di detta orbita. Vero è, che da buone ragioni ſi credette poſcia coſtretto ad abbandonare una tal conſeguenza; ma avendola adottata il Sig. Roemer, e dopo di lui il Sig. Bradley, l'uno e l'altro con aſſaiſſime oſſervazioni ſtabilirono in modo queſt' opinione, ch' ella è di preſente quaſi univerſalmente ricevuta, nè quaſi più ſi dubita, che progreſſivo non ſia il moto della luce.

Sono molti, i quali ne deducono ſubito queſta conſeguenza, che la propagazione della luce non ſi fa dunque, come credono i Carteſiani, per un ſemplice moto di preſſione, che il corpo luminoſo imprime ad un fluido dappertutto preſente; ma per una vera emiſſione, che fa realmente paſſare le parti di detto fluido dalla loro ſorgente inſino al termine della loro traslazione: nel che a parer mio troppo oltre ſi procede, ſenza frutto, e neceſſità veruna; perciocchè la luce di continuo emanante dagli aſtri per un moto progreſſivo delle ſue parti produrrebbe ſempre nello ſpazio de' Cieli quella pienezza incomoda, di cui ſi vorrebbe purgare il ſiſtema delle attrazioni: diſſi ſenza neceſſità, perchè mi pare, che ſi poſſa conciliare la nuova ſcoperta col ſentimento degli odierni Carteſiani riguardo alla propagazion della luce.

In fatti ſupponendo, come una verità incontraſtabile, che l' azione della luce ſoffra un ritardo di 7. in 8. minuti (*a*) qualora il corpo

(*a*) Non ſono ben d' accordo i Dotti ſopra la quantità di queſto ritardo: gli uni han detto 7. gli altri 8 minuti; e lo ſteſſo Newton dalla prima opinione è paſſato alla ſeconda.

po luminoso, che in moto la mette, si trova in una distanza di 32. o 33. millioni di leghe in circa (*a*) è egli forse necessario per renderne ragione di fare scorrere realmente, ed in sì breve tempo quell'immenso spazio a ciascun globetto di luce, di supporre nei raggi di questo fluido una prestezza, che a pena si può concepire, e tale in una parola, che sorpassa più di 1600000 volte la velocità d'una palla di Cannone, che scorreva uniformemente 600. piedi per ciascun minuto secondo?

Ben vedo, che non bisogna più rigorosamente attenersi all'opinione del Cartesio, e che il raggio de' globetti luminosi, che da un astro al mio occhio si stende, non può ora paragonarsi ad un bastone, o ad una fila di piccioli corpi perfettamente contigui, e di un'assoluta inflessibilità; ma chi ne vieta il considerare coteste particelle, come tanti piccioli palloni, o gomittoletti elastici, e d'una contiguità un po' men rigorosa? Con queste due ipotesi, che da una precisione ci allontanano, che si durerebbe fatica in ammettere, e ci fanno alle vie ordinarie della natura (la quale soffre quasi ad uno stesso modo per tutto) avvicinare, senza difficoltà io comprendo, che l'azione del corpo luminoso in tutta la lunghezza del raggio, che deve trasmetterla, non sarà istantanea, se non per li nostri sensi, e nel caso d'una distanza limitatissima; ma che questo trasmettimento, per pronto ed insensibile ch'egli sia, esige una successione reale d'instanti, la somma de' quali può

(*a*) Ben si vede, che io non pretendo quì assegnare la giusta distanza dal Sole alla terra: si è questa una quistione, su cui variano ancora le opinioni degli Astronomi.

può divenire notabilissima, se il cammino, che la luce deve fare, è molto lungo.

Confesso, che così intendendosi la propagazion della luce, s'incontra poi qualche difficoltà; ma l'altra opinione non n'è priva, e maggiori a parer mio sono le difficoltà, che patisce.

Vi si mostra per esempio di notte tempo una parte considerabile di Cielo per un buco di spillo, e vi si dice: E' egli possibile, che la picciola porzione di luce, che riempie detto buco, riceva e trasmetta distintamente i movimenti impressi da tante stelle in un egual numero di file di globetti? Al che io rispondo: E' forse più facile il credere, che detto buco, tuttochè picciolissimo, divenga il comun passaggio di altretanti piccioli torrenti di luce, che colano giù con inesplicabile rapidità, che vi si attraversano senza confondersi, e che vi si urtano senza nulla perdere della prima lor direzione? A qualunque partito uno si appigli, v'è certo di che stupirsi; ma pure il primo dei due meno violento mi sembra.

Si oppone ancora, che se la luce fosse dappertutto presente, e diventasse sensibile per la sola azione de' corpi luminosi, non vi sarebbero giammai delle tenebre; perciocchè la pressione, e l'urto confusamente si distribuirebbe in ogni sorta di direzioni, ed in tutta la massa di questo fluido; come avvien d'un licore contenuto in una botte, quando vien tocco in alcun sito.

Ma gli argomenti, che da' simili paragoni si deducono, non sono abbastanza concludenti; perciocchè vi ha' sempre una gran disparità, e si può anche più, che non se ne vede, supporne, attesa la poca cognizione, che noi abbiamo di questi grandi ordigni della natura. La botte contenente la

la luce animata dal Sole non è men grande, che tutto l'universo; e se nell'esempio addotto l'acqua non è scossa ugualmente in ogni sua parte, se non per cagione della prossima reazione del vaso, difficilmente si potrà ritrovare alcuna cosa, che corrisponda a quelle pareti solide, ed avvicinate, qualora si pretenderà, che debba lo stesso effetto ritrovarsi nel vasto fluido, che riceve l'azione degli astri, e degli altri corpi luminosi.

Però, quando s'introduce un raggio Solare in una camera oscura, egli non è già vero, esattamente parlando, che la camera rischiarata non sia, se non nella direzione di quel getto di viva luce: essa lo è pure, benchè più debolmente, negli altri siti: senza di ciò come si potrebbe vedere il raggio senza essere nel raggio medesimo? L'occhio situato ad un canto, e ad una considerabil distanza, lo vede, come si sa, distintissimamente; il che prova, che tutta la luce estinta, di cui è ripiena la camera, riceve qualche scotimento da quella, che forma il raggio; come l'aria, che non riceve direttamente il suono per cagione di qualche ostacolo impenetrabile, non lascia però di rimbombare alcun poco per la scossa, che riceve dai raggi sonori, che passano al di sopra, o da lato.

Mi si replicherà senza dubbio, che la luce, che fuor del raggio sentir si fa, è un effetto della riflessione cagionata dell'aria, per cui egli passa, o dalla polvere, di cui è sempre ingombrato detto fluido. Ma posso rispondere di avere anche assai distintamente veduto quel getto medesimo di luce, quando proccurai di farlo passare per un canello di vetro ben pulito, in cui aveva fatto il vuoto, quanto più perfettamente far si può, con una

buo-

buona macchina pneumatica (*a*). Le riflessioni dovevano allora esser nulle, o quasi tali, giacchè l'aria si era rarefatta in grado estremo, ed i piccioli corpi stranieri, che d'ordinario vi si trovano frammischiati, sin da' primi colpi del pistone se n'erano separati (*b*).

Finalmente si oppone ancora contro la Cartesiana opinione, che in uno spazio ripieno di globetti non s'intende come possano sempre le impulsioni comunicarsi in rette linee; perciocchè non è possibile di supporre, che tutti li centri di quelle picciole sfere si trovino giustamente livellati in tutte le direzioni immaginabili. Ma si comprende forse meglio nell'altro sistema, come que' piccioli enti globulosi cadendo sopra superficie, le quali non sono regolari (imperciocchè rigorosamente non se ne conoscono, che sien tali) formino tuttavia sempre l'angolo della loro riflessione sensibilmente uguale a quello della loro incidenza, in riguardo alle dette superficie? Si è

(*a*) Quest'esperienza esige molta accuratezza, e precauzioni assai dilicate. Bisogna 1. Che la camera sia ben oscura. 2. Che il getto di luce venga direttamente dal Sole in un bel giorno di state. 3. Che il detto raggio Solare abbia per lo meno un pollice di diametro. 4. Che il cannello di vetro, in cui si fa passare, sia due o tre volte più grosso di lui, affinchè sia più facile di mantenervelo da un capo all'altro, senza che ne tocchi le pareti. 5. Che il vetro piano, che lo chiude dall'un capo, non sia troppo spesso. 6. Che per l'altro capo il raggio Solare sia ricevuto sopra uno specchio inclinato a gradi 45. che lo rifletta in un tubo di metallo collocato a squadra rivolta, acciocchè niuna parte di quella luce venga riflessa nel tubo di vetro.

(*b*) Veggansi le Memorie dell'Accademia delle Scienze 1740, p. 245.

questo un effetto, che per lo più succeder si vede, malgrado l' ostacolo, che sembra doverlo impedire: e lo stesso probabilmente è del livellamento de' centri, di cui si suppone, e si vuol far valere il difetto, poichè non ostante la nota irregolarità delle superficie liscie, il raggio di luce non tralascia di riflettersi assai regolarmente. Convien dunque, che la natura abbia dei segreti alle nostre specolazioni ancora ignoti: in queste sorti di questioni mai non si abbraccierebbe partito alcuno, se a quel solo volesse uno appigliarsi, che d' ogni apparente difficoltà fosse privo. I raggi sonori livellansi molto bene nell' aria, e le riflessioni loro si fanno molto regolarmente, come dall' eco si prova: se alcuno pretendesse non succedere questi effetti, se non perchè le parti, o picciole moli dell' aria globulose non sono; io gli accorderei volentieri, tali pure non essere quelle della luce; io non attribuisco loro questa figura, se non se solamente per adottarne una, e perchè l' immaginazione alcun' altra non me ne fornisce, che meglio di questa co' fenomeni si accordi: ma per parlare schiettamente, non so di qual figura sieno le parti di que' fluidi sottili, che non cadono sotto i nostri sensi, e son pronto ad attribuir loro quella, che converrà meglio, e contro di cui non si troverà cosa da apporre. Finchè noi abbiamo su di ciò quelle nozioni, che ci mancano, e che sì tosto probabilmente non aremo, riguardiamo le parti della luce, come globetti, conforme al linguaggio ricevuto nella Fisica (*a*).

II.

(*a*) Circa la propagazion della luce, sarà bene di leggere una bella dissertazione del Sig. Bernoulli coronata dall' Accademia delle Scienze l' anno 1736.

II. SESSIONE.

Delle direzioni, che segue la luce ne' suoi movimenti.

L'Azione della luce non si fa diversamente da quel, che si faccia il moto degli altri corpi. Conforme alla general regola della natura ella segue quanto può la prima determinazione, che ha ricevuta; i raggi di essa per rette linee si estendono insino a che non incontrano alcun ostacolo, nè alcun novello mezzo che ne muti la direzione; ed i fenomeni, che ne risultano, sono l' obbietto d'una scienza, che *Optica propriamente detta* si appella, per distinguerla dall' *Optica generale*, da cui si comprende quanto la luce, e le sue varie modificazioni concerne.

Nell' incontro d'un corpo opaco l'azione della luce comunemente si riflette, e produce altri effetti, i quali sotto una particolar teoria compresi vengono, cui di *Catoptrica* si è detto il nome.

Quest' azione stessa finalmente si rifrange in molte occasioni passando d'uno in un altro mezzo più o meno difficile a penetrarsi da essa: e da ciò si fa luogo ancora ad altri fenomeni, che sotto certe leggi si son posti, che formano i principj d' una terza Scienza chiamata *Dioptrica*. In questi tre punti di vista osserviamo ora il movimento della luce.

ARTICOLO PRIMO.

Della luce diretta, o sia de' principj dell' Optica propriamente detta.

COnsidereremo quì la luce, come esercitante i suoi movimenti in un mezzo perfettamente libero; o per non dilungarci dallo stato

naturale, noi supporremo almeno, che la luce si mova in un mezzo omogeneo, cioè d'una resistenza uniforme in tutta la sua estensione; tale si è una massa d'acqua, tale un pezzo di cristallo, ed ancora una massa d'aria in una determinata regione dell'atmosfera; e quando per facilitare l'espressione dirò, che la luce *passa*, ch'ella si *trasmette*, ch'ella *parte* da un tal punto, ch'ella *arriva* ad un tal altro, dovrà ricordarsi il Lettore, che non si tratta già d'una traslazione reale attribuita ai globetti della luce, ma solo di un'azione, o di un urto, che gli uni agli altri si comunicano senza scomporsi, come già ho indicato nella prima Sessione, e come spiegherò ora in più particolare maniera.

Convien credere, che questi globetti sono altrettanti corpicciuoli elastici, per le vibrazioni de' quali si trasmette d'uno in altro l'urto reiterato del corpo luminoso, quasi nel modo stesso, che abbiam veduto nella quarta Lezione quello d'una palla d'avorio passare in un istante da un capo all'altro d'una fila di simili pallottole; si comprenderà facilmente, che se alcuno posasse il dito sull'ultima, sentirebbe altresì quest'urto, qualunque volta venisse nella prima impresso; così l'organo, in fondo del quale va a terminare una fila di detti globetti, di cui supponiamo composta la luce, non lascerebbe d'essere scosso dalle vibrazioni, che fa fare a que' piccioli ordigni la reiterata impulsione del corpo infiammato, che a qualche distanza risplende.

Ciò meglio s'intenderà richiamando alla memoria quel, che si è detto della fiamma nella decimaquarta Lezione: ella vi viene rappresentata, come scolamento d'un fluido infiammato, o piuttosto come dissipazione continua d'un vapor lu-

mi-

minoso. Le parti proprie d'un corpo combustibile, come a cagion d'esempio del legno, della cera fusa, o del sevo, divise vie maggiormente per i gradi di calore, che precedettero, giungono a segno tale di dilatazione, che le particelle del fuoco da esse contenuto scopronsi finalmente per altrettante picciole esplosioni. Se ciò una fiata sola accadesse, la materia della luce, che circonda quel picciolo sparo, una sola scossa riceverebbe, e l'occhio per quella momentanea impulsione non vedrebbe che una sola scintilla: ma, come dissi, la fiamma è uno scolamento; la particella infiammata, che si dissipa, dà luogo ad un'altra; che tosto come la prima crepa, e reitera l'urto sopra la medesima fila di globetti, in fin della quale si trova l'occhio Spettatore: ciascun punto del corpo infiammato lo stesso effetto produce; ed in tal guisa tutta la sua superficie infuocata diventa continuamente visibile.

I corpi, che in tal modo son luminosi, si vuotano necessariamente, e non hanno che una certa durata; poichè il fuoco in essi rilucente, o nella loro superficie, non si fa vedere, se non col dissipare la loro propria sostanza: ma è cosa possibile, che questo medesimo elemento, senza passare al di fuori, senza nulla dissipare, conservi nei pori d'una materia un moto di vibrazione precedentemente acquistato, e che facendo l'effetto d'una picciola fiamma faccia operare la materia della luce del di fuori, con cui comunica, come verisimilmente accade a molti dei fosfori, di cui più sopra ho parlato.

Una fila di globetti animati da un movimento di vibrazione, come testè ho spiegato, è propriamente parlando ciò, che nomar si deve *Raggio di luce*; e siccome ciascun punto di una fiam-

ma può da ogni parte esser veduto, si deve concepire, che il più picciol corpo luminoso è centro comune ad una infinità di que' semplici raggi, che formano attorno di lui una sfera di una certa estensione. *Fig.* 1.

Ma egli è da presumersi, che un filo di luce ridotto ad un tal grado di semplicità non sarebbe sensibile: quello, che si fa passare per lo buco d' uno spillo, e che noi veggiamo in un luogo oscuro, deve già essere considerato come un fastello contenente forse più di mille di questi raggi semplici. E per questa ragione appunto un raggio sensibile di luce naturalmente non è d' una grossezza uguale in tutta la sua lunghezza: imperciocchè se i globetti, che lo compongono, sono disposti sopra linee, che partono da un centro comune, quando un corpo luminoso non fosse che un punto, come si vede in *A*, Fig. 2. egli è evidente, che il raggio formar deve una piramide, come *A B*, la cui base all' occhio si presenti.

Questa separazione, che patiscono i fili di luce partendosi da un punto *raggiante*, chiamasi *Divergenza*, e si misura dalla grandezza dell' angolo, che detti raggi formano tra di loro. Così *C D*, *C E*, Fig. 3., sono due raggi divergenti, ma che lo sono meno, che *C F*, *C G*.

Un corpo luminoso d' una certa grandezza, tale per esempio qual si è la fiamma d' una candela di cera, essendo composto d' una infinità di punti raggianti, conviene necessariamente, che i getti di luce, che da questi differenti punti si partono, si vadino all' incontro gli uni degli altri, si congiungano, e si attraversino gli uni più vicino, gli altri più lontano, questi più in giù, quelli più in su, a destra, ed a sinistra, ec. come veder si può dalla *Fig.* 4. in cui per evitare

tare ogni confusione, non ho segnati, che tre di questi punti raggianti con alcune soltanto delle loro piramidi luminose, o fastelli di raggi divergenti.

Questa rispettiva disposizione dei raggi, che venendo da varj oggetti, o da differenti punti d' uno stesso oggetto, vanno così ad unirsi ed attraversarsi, *Convergenza* si chiama, e si misura altresì, come la divergenza, dalla grandezza degli angoli. Così i raggi che partono dai punti *H*, *H*, Fig. 5. sono tutti convergenti, gli uni in *I*, gli altri in *K*; ma quelli, che terminano in *I*, sono più convergenti fra di loro, che gli altri, perchè formano un angolo maggiore, o, quel ch' è lo stesso, perchè il loro punto di convergenza è più vicino a' corpi luminosi, donde procedono.

Da quanto si è detto si può conchiudere, 1. Che in qualunque parte si presenti un piano dirimpetto ad un punto raggiante, questo piano diventerà come la base d' una piramide di luce.

2. Che il piano sarà meno illuminato a misura che più si scosterà dal punto raggiante.

3. Che se il corpo luminoso è di grandezza, e di figura sensibile, questo stesso piano diverrà la base comune d' altrettante piramidi di luce, quante saranno i punti raggianti rivolti contro di esso.

4. Finalmente, che se in vece di un piano, che arresti la luce, si fa un buco in un cartone, ovvero in una sottil lamina, le piramidi luminose, che vengono da diversi punti dell' oggetto, vi si attraverseranno passando dalla destra alla sinistra, e da questa alla destra, d' alto in basso, e di basso in alto, ec. Tutto questo si renderà più sensibile per mezzo delle seguenti Esperienze.

PRIMA ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

ABCD, Fig. *6.* rappresenta l' interno della finestra d'una camera ben chiusa, e ben oscura esposta al mezzodì, o quasi, ed elevata sopra del pavimento tre o quattro piedi. Il legno è bucato in maniera, che riceve la cassa *EFGH*, di pollici 18. di altezza, e d' un piede di larghezza; i lati della quale sono circolarmente rotondati, perchè possa orizzontalmente aggirarsi su i due perni *I*, *I*, alla foggia delle ruote, che si usano nei parlatorj delle Monache. La parte anteriore di questa cassa, che passa al di fuori della finestra, è affatto aperta, e porta avanti tre specchj di metallo più lunghi che larghi, e mobili per ogni verso. La parte posteriore della stessa cassa corrisponde nella camera, ed è chiusa interamente, a riserva di tre buchi *a*, *c*, *b*, d' un pollice di diametro per ciascuno, e praticati in una linea orizzontale in distanza uguale l' un dall' altro, e quasi alla metà dell' altezza della cassa. Questi buchi si possono restringere per via di diafragmi, ricevere dei vetri di varie sorti, o chiudersi affatto, quando fa d' uopo. *FK* è una riga di legno lunga 6. piedi, e larga 4. pollici, la quale d' una parte si congiunge alla cassa, e dall' altra si posa sur un piedestallo in situazione orizzontale. *L* è una piastra di legno o di metallo verticalmente innalzata, e portata sopra di un piede, che si fa scorrere secondo la lunghezza della riga, per iscostarla, o avvicinarla alla cassa. Di queste piastre conviene averne varie, le une coperte di panno nero, le altre dipinte di bianco, ed alcune che si possano facilmente forare, qualora il richiede l' esperienza, con uno o più buchi.

Col

Col mezzo di questa macchina si possono comodamente fare molte sperienze sopra i raggi Solari: perciocchè ricevendoli sopra gli specchj collocati al di fuori, e che si possono maneggiare, aprendo per un momento l'altra parte della finestra medesima (*a*), che si suppone aprirsi in due, com'è per lo più, si fa loro prendere una situazione orizzontale per passare nella camera per i buchi *a*, *c*, *b*, dove ricevono la forma ed il color, che si vuole che abbiano, col mezzo di certi vetri, o dei diafragmi, che vi si mettono: e siccome si può far girare orizontalmente la cassa, o la riga *FK*, e quanto vi si è posato sopra, si ha altresì il vantaggio di seguire quanto si vuole il moto del Sole, e di vedere a suo bell'agio gli effetti, che uno si propone di esaminare.

Per l'Esperienza, di cui ora si tratta, conviene affatto chiudere i due buchi *a*, *b*, ed aggiustare pel di dentro della cassa a quel di mezzo un tubo di due pollici di lunghezza, che porti una picciola lente di vetro bianco di 18. linee in circa di diametro, il foco di cui precisamente in *c* si ritrovi, come l'estremità del tubo, che deve in questo sito avere due linee di apertura: per questo mezzo il getto di luce, che si fa entrar nella camera, dividesi in una infinità di raggi divergenti, e rappresenta, fortemente, ed in modo assai vero ciò che intender si deve per un punto raggiante, o sia un corpicciuolo luminoso.

Bisogna collocare innanzi al detto punto raggiante in distanze di 5. o 6. pollici una piastra verti-

ca-

(*a*) Oppure se la parte della cassa, ch'è nella camera, si trova assai lunga, si può nell'uno de' suoi lati praticare una finestrina, la quale si aprirà, quando si vorrà cangiare l' inclinazione degli specchj.

cale, e ſottile L, avente varj buchi rotondi, ciaſcuno di 4. linee di diametro, e più diſcoſto un'altra piaſtra, oppure un cartone bianco *M*, che ſi farà andar innanzi, e indietro più, o meno.

EFFETTI.

Veggonſi ſopra il cartone *M* tanti cerchj luminoſi, quanti buchi vi ſono nella piaſtra *L*: detti cerchj s'ingrandiſcono, ed i loro centri ſi ſcoſtano gli uni dagli altri a miſura che più ſi allontana il piano, che li riceve.

SPIEGAZIONI.

Le immagini circolari, che ſul cartone *M* ſi oſſervano, formate vegono dai getti di luce, che la piaſtra *L* non ha potuto interrompere, eſſendo bucata ne' luoghi del ſuo piano, in cui ſi ſon preſentati queſti getti. Ben ſi concepiſce, che lo ſteſſo effetto vedrebbeſi moltiplicare, quanto ſi vorrebbe, ſe il numero de' buchi ſi aumentaſſe: dal che ne ſegue, che in tutta l' eſtenſione della piaſtra dalla parte, che guarda il punto raggiante *c*, non vi ha ſpazio circolare di 4. linee di diametro, che non riceva un getto di luce ſimile ad uno di quelli, che paſſar veggonſi per i buchi di eſſa piaſtra.

Dubitar non ſi può, che queſti getti non abbiano la forma d' una piramide, poichè in una maggior diſtanza dalla loro origine ſegnano maggiori cerchj ſul cartone, che li riceve: nè altrimenti eſſer può, concioſſiachè ſieno faſtelli, o aſſembramenti di raggi divergenti, che partono dal punto *c*, come da un comun centro: per la medeſima ragione i getti ſteſſi ſcoſtando ſi vanno di più in più gli uni dagli altri; locchè fa, che non ſolamente ciaſcun cerchio s' ingrandiſce à miſura che il cartone ſi allontana, ma che i centri altresì di detti cerchj gli uni dagli altri ſi allontanano.

II.

II. ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Dispoſto il tutto, come nella precedente ſperienza, convien collocare alla diſtanza d'un piede dal punto raggiante *e* una gran piaſtra verticale *l* avente nel mezzo un buco rotondo di 6. linee di diametro, e ricevere ſopra il cartone *m* il lume, che paſſerà per detto buco, primieramente alla diſtanza d'un piede da detta piaſtra, poi a 2. piedi, a 3. piedi, ec. e miſurare con un compaſſo il diametro del cerchio luminoſo in tutti que' luoghi, dove ſi fermerà il cartone, *Fig.* 7.

EFFETTI.

Così procedendo ſi può oſſervare 1. Che la luce s' indeboliſce ſopra il cartone *m*, a miſura che dalla piaſtra bucata ſi allontana. 2. Che il cerchio luminoſo in modo ſi allarga, che acquiſta un diametro doppio, triplo, quadruplo, ec. allorchè ſi ſcoſta il cartone *m* di tre, quattro piedi, ec. dal buco *c*, in cui ſi trova il punto raggiante.

SPIEGAZIONI.

Lo ſminuimento della luce, che ſul cartone ſi oſſerva a miſura che viene ſcoſtato, è una neceſſaria conſeguenza della divergenza de' raggi. Perciocchè ſe queſti ſi vanno ſempre più ſcoſtando gli uni dagli altri, la loro ſeparazione dev' eſſere maggiore ad una maggior diſtanza dal punto raggiante *c*, e quanto più occupano di ſpazio ſul piano che li riceve, tanto meno ve n' ha ſopra ciaſcuna parte di detto ſpazio.

Siccome il diametro del cerchio luminoſo nella diſtanza di due piedi dal punto raggiante ſi trova due volte così grande, come lo era alla diſtanza di un piede, e che alla diſtanza di 3. e di 5. ſi trova triplo, e quadruplo, conchiuder quindi ſi deve,

che

che i raggi ſono alla ſeconda diſtanza quattro volte, alla terza nove volte, alla quarta ſedici volte più rarefatti, che alla prima; perciocchè gli ſpazj circolari ſono fra di eſſi, come le cifre 1, 4, 9, 16, ec. quando i loro diametri ſono eſpreſſi per queſti 1, 2, 3, 4, ec. e ſiccome le quattro prime quantità, che rappreſentano i gradi della rarefazione dei raggi, ſono i quadrati delle quattro ultime (*a*), che ſegnano le diſtanze, dove ſi è miſurato il cerchio luminoſo, dir ſi può in generale: che *la luce, che viene direttamente dal punto raggiante ſi rareſà, o s' indebolisce in ragione del quadrato della diſtanza*; di manierachè ſe un picciol pezzo di cartone, per eſempio, il quale ugual ſarebbe al buco della piaſtra, che è alla prima diſtanza, foſſe collocato nel cerchio luminoſo della ſeconda diſtanza; vi ſarebbe quattro volte meno illuminato; a 3. piedi lo ſarebbe nove volte meno, ed a 4. piedi non riceverebbe, che la ſediceſima parte dei raggi che abbracciava la ſua circonferenza, quando non era che di un piede diſcoſto dal buco *c* (*b*).

APPLICAZIONI.

Eſſendo l'occhio l'organo della viſta, e gli effetti, onde mi reſta a parlare, eſſendo quaſi tutti relativi alla viſta, ſarebbe convenevoliſſimo il ſapere dapprincipio in qual modo queſto ſentimento venga dalla luce colpito, e per qual meca-

(*a*) Chiama *quadrato* il prodotto d' una quantità moltiplicata per ſe ſteſſa. Così 4 è il quadrato di 2; 9 quello di 3; perchè due volte 2 fanno 4, e tre volte 3 fanno 9.

(*b*) Io quì non conſidero, come ſi vede, che lo ſminuimento della luce procedente dalla divergenza dei raggi, preſcindendo dalle altre cagioni, che lo ſteſſo effetto producono, e di cui avrò occaſione di favellare altrove.

canismo i raggi esteriori portino la loro azione fin nell' interno di lui; ma perciocchè quanto potrei su di ciò dire dipende da alcuni principj non per anche esposti, e che non possono esser esposti per ora, quindi mi trovo costretto a differire quest' istruzione, e non considero per ora che la pupilla dell' occhio, come un' apertura circolare, la quale riceve, o dà passaggio ai raggi emanati dall' obbietto luminoso, o illuminato.

Dico luminoso, o illuminato; perciocchè quantunque io non abbia ancora presi per esempio se non dei corpi rilucenti di lor propria natura, quali sono un astro, una candela accesa, un fosforo, convien però sapere che ogni altro oggetto diviene sensibile per l' azione riflessa della luce, che lo rischiara: di modo che si può riguardare ciascun punto visibile della sua superficie, come se fosse veramente *raggiante*, con questo divario solamente, che i raggi, che da lui vengono, così numerosi non sono, nè hanno tanta attività, come quelli d' un corpo infuocato, o fiammeggiante. Se a chiaro giorno per esempio si facessero le due addotte sperienze, e si coprisse il punto raggiante *c* con un picciolo pezzo di cartone bianco, l' occhio collocato avanti la piastra *L* vedrebbe quest' oggetto per tutti i buchi, che fare vi si potrebbono, quand' anche ascendessero al numero di mille; e se in vece di presentare un pieno cartone *M* alle varie distanze, di cui parlai, si usasse un cartone bucato a luce, l' occhio comprenderebbe altresì l' oggetto medesimo in tutta la estensione d' un buco rotondo, il cui diametro potrebbe crescere in ragion diretta delle distanze.

Si crederà facilmente, che se la piastra *c* collocata davanti al punto raggiante *L* fosse così larga,

ga, come l'apertura della finestra, in cui si fa l' esperienza, in qualunque sito si facesse un buco, l'occhio dello Spettatore posto dietro vedrebbe di là il punto *c*; e che se, in vece d'un buco, cento se ne facessero, potrebbono altrettante persone fare insieme la prova stessa, perciocchè non ve ne sarebbe pur una, che non ricevesse come gli altri ad un tempo un fastello di raggi divergenti procedenti dal punto raggiante. Nè per altra ragione, che per questa, uno intiero popolo vede in una sola volta quanto gli si presenta agli occhi in una pubblica piazza, una truppa numerosa di Soldati ad un segno solo obbedisce, un astro può in un medesimo istante esser veduto da tutti gli enti veggenti, che abitano una gran parte della terra; imperciocchè all' intorno d' un corpo luminoso, ch' è isolato, non vi ha neppure un sito largo come la pupilla dell' occhio del più piccolo animale, che non possa ricevere la base d' una piramide di raggi animati, o riflessi da detto obbietto.

Le piramidi di luce vegnenti dal punto raggiante all' occhio, che noi semplicemente chiameremo *raggi*, quando non si avrà in mira che la loro direzione, o la linea che loro serve di asse, sono perfettamente rette in un mezzo omogeneo: questa verità, che tuttodì sperimentiamo, è ricevuta come un assioma: ed in virtù appunto di questa cognizione estima il cacciatore la pernice nella direzione del proprio schioppo; l' ingegnere per livellare un cammino, o un fosso pianta dei pallicciuoli, le cui estremità disposte si trovano nel raggio visuale; il geometra giudica un oggetto nel livellamento delle pinule, o dell' occhiale del suo stromento: imperocchè se non si sapesse di certo, che il raggio, il quale va dall' oggetto all' occhio, è perfettamente retto in tutta la sua lunghezza,

non

non si potrebbe legittimamente conchiudere la posizione di detto oggetto, per la parte del raggio visuale, che avrebbe seguito l'istromento in arrivando all' occhio.

Sopra la fede di questo assioma, e per la grande abitudine che abbiam di vedere, noi determiniamo altresì la direzione, in cui si trova ciascun punto visibile dell' oggetto, come pure la sua distanza, qualora non è grande. Riguardo alla direzione, noi veggiam sempre l' oggetto nella lunghezza indeterminata dell'asse della piramide luminosa, che ce lo fa sentire nella linea *P Q*, *Fig.* 8. e quanto alla distanza, noi lo rapportiamo per l' ordinario alla parte di detto asse, in cui li raggi divergenti, ch' entrano nell'occhio, anderebbono in retta linea ad unirsi, o attraversarsi, se ritornassero indietro, in *R* per esempio. Questa regola talmente ci signoreggia nella visione degli obbietti, che nostro malgrado la seguitiamo anche quando la riflessione c'insegna, ch'essa c' inganna, come in appresso vedremo nel riferirne le eccezioni.

Del resto non è solamente la vista, che giudicar ci faccia così della distanza, e della direzione degli oggetti, che son fuor di noi: questo è comune agli altri sensi, benchè forse con meno di precisione. Un cieco, che ricerca il fuoco per riscaldarsi, si avanza in retta linea quanto più può verso la parte, donde sente venire il calore, e giudica esservi assai vicino per l' impressione più o men forte, che ne risente. Così noi procediamo allo scoprimento del corpo odoroso, o del corpo sonoro, e conosciamo quasi il suo grado di vicinanza, per la quantità d' odore, o di suono, che colpisce l' organo; se l' eco c' inganna, se abbiamo talvolta difficoltà in decidere, in qual parte sia

col-

collocata una Campana, il cui ſuono fortemente ſi ribatte, non è ciò forſe perchè ſappiamo dagli anni più teneri, che il ſuono a noi viene naturalmente per retta linea, e ſenza ravvolgimenti, dal luogo, in cui ſi fa naſcere?

Poichè la viſione degli oggetti ſi fa per linea retta, ne ſegue, ch' ella rimarrà ſenz' effetto, quando detta linea verrà da qualche oſtacolo interrotta. Oſſervammo di già nella ſettima Lezione, che un Vaſcello, che venga d' alto mare al Continente, vede i campanili, ed i camini d' una Città, prima di veder il piano dell' argine degli edifizj, e che coloro, i quali ſtanno nel porto, e cominciano a ſcoprire il vaſcello che giunge, veggono la ſommità degli alberi, e delle vele prima di vedere il corpo di eſſo. Queſto, come allor diſſi, un effetto ſi è della conveſſità del mare, che ſegue quella del globo terreſtre, di cui è parte; ma queſto così non accade, ſe non perchè l' incurvatura della ſuperficie dell' acqua interrompe il raggio viſuale dello Spettatore, il quale cerca di vedere la parte più baſſa dell' oggetto. Veggaſi la fig. 8. Tom. II. p. 266.

E da queſti oſtacoli, da' quali vengono interrotti i raggi della luce; ſi produce quella che *ombra* (*a*) chiamiamo, con impedire che il movimento di vibrazione impreſſo dal corpo luminoſo nelle file de' globetti, come precedentemente ſi ſpiegò, più oltre non ſi communichi. L' ombra non è dun-

(*a*) Molte curioſiſſime coſe dir ſi potrebbono al propoſito dell' ombra; ma l' abbondanza delle materie, che trattar deggio nel preſente Volume, m' obbliga a riſerbar queſta in altra occaſione. Ne parlerò nella 18. Lezione, dove ſi tratterà del movimento degli aſtri, e degli effetti, che ne riſultano.

dunque altro propriamente parlando, che una luce estinta per l'interposizione d'un corpo opaco; ella deve per conseguenza occupare tutto lo spazio, che sarebbe da detta porzion di luce illuminato, se avesse quel movimento, ch'essa non può più ricevere. Facile è il convincersene, ove se ne dubiti, con turare affatto, o in parte il buco della piastra *l*; imperocchè allora il cerchio luminoso, che suol vedersi sopra il cartone bianco *m*, sparirà interamente; oppure riceverà uno scemamento, che si vedrà crescere nella stessa proporzione di lui, a misura che si tirerà indietro il cartone per allontanarlo dal punto raggiante *c*.

Quindi ne segue, che un picciolo ostacolo produce molta ombra, quando è vicino al corpo luminoso, e meno ne produce a misura che più se ne scosta: la proporzione è tale, che il numero de' raggi intercetti diminuisce, come il quadrato della distanza, che si accresce; cioè, che quando l'ostacolo è ad una distanza doppia, tripla, o quadrupla, intercepisce 4 volte, 9 volte, o 16 volte meno di luce, che quando egli era alla prima distanza; imperocchè, se una piramide di raggi divergenti occupa il cartone posto alla seconda distanza quattro volte più di spazio, che alla prima, egli è evidente, che un corpo opaco d'una determinata grandezza, che alla distanza d'un piede intercetterebbe tutta la detta piramide, non deve più intercettarne, che il quarto alla distanza, in cui il cerchio da detta luce formato si ritrova quattro volte più grande di lui.

Di quì appare, perchè le macchie, che vengono sugli occhi dirimpetto alla pupilla, non impediscono assolutamente di vedere gli oggetti, finchè non ne cuoprono, che una picciola porzione; perciocchè siccome non intercettano esse, se non una

parte dei raggi divergenti, che formano ciascuna piramide luminosa, così ne lasciano ancor passare assai di ciascuna per render sensibili, benchè più debolmente, tutti i punti, donde si partono dette piramidi. Le persone, che hanno gli occhi in tale stato, supplir possono in qualche modo al numero de' raggi, che loro mancano, coll' attività di quelli, che loro rimangono, illuminando l'oggetto d'una luce più viva. Vi sono dei mezzi per far entrare per la parte della pupilla, che non è ancora coperta, più raggi, che naturalmente non si presentano, e indennizzare così l'occhio di quanto la sua macchia gli fa perdere; ma oltre che questi mezzi non appartengono all' azione immediata della luce, di cui siamo ora occupati, hanno il difetto di cangiare la divergenza dei raggi; e noi faremo vedere altrove, che non che non ajutare la visione, questo anzi nuocer vi può, quando l'occhio non ha altro difetto, che l'essere macchiato.

Siccome vedesi indebolir la luce sopra il cartone *m*, a misura che dal punto *c* si scosta, si deve pensare, che diminuiscasi altresì sopra l'occhio, che la riceve, quando egli di più in più si allontana dall' oggetto, che guarda; il che fa, che in un certo grado di lontananza cessiam di vederlo, imperocchè non possiamo distinguerlo, se non per li punti luminosi, o visibili della sua superficie. Ora questi punti cessano d'essere sensibili per noi, tostochè i getti di luce, che ne vengono, fanno delle impressioni troppo deboli sopra l'organo; e questo è ciò che avviene, allorchè troppo di lontano guardiamo, perciocchè allora questi getti per la divergenza de' loro raggi troppo rarefatti si truovano, perchè possa ciò, ch' entra nella pupilla, farsi sufficientemente sentire

tire (*a*); ma questo grado di lontananza, in cui vien meno la vista, si varia secondo lo stato dell' occhio, la natura, o la qualità dell' oggetto, e l' intensità della luce, che lo rende visibile.

Quando io dico lo stato dell'occhio, non pretendo quì di parlare, che del suo grado di sensibilità. Egli non è ancora tempo di ragionare sopra la figura de' suoi umori, i cangiamenti de' quali influiscono più che altro sopra l'estensione della visione distinta: egli è certo, che quest'organo è, come ogni altro, più sensibile in certe persone, in certi animali, e ch' è soggetto altreì ad invecchiare, a logorarsi, ed a guastarsi: l'età, le malattie, l'abuso, che se ne può fare, applicandolo troppo lungo tempo, o troppo spesso ad oggetti molto luminosi: tutto questo, dico, può ben bastare per alterare la sensibilità dell' occhio; e tal luce, che la distanza rendè troppo debole per toccare efficacemente uno, farà ancora una sufficiente impressione sopra un altro, se meglio è costrutto, o meglio conservato. E per questa ragione soltanto molti vedono più distintamente, che altri, tutti gli oggetti, e più da lunge gli scuoprono.

Gli sforzi, che si fanno per vedere ciò ch' è molto lontano, tendono a dilatar la pupilla quan-

(*a*) Sebbene anche questo si debba considerare per gli oggetti, che di lontano si guardano, non pretendo però per questo, che sia la principal cagione, che ce li fa perder di vista: ad una certa distanza i raggi, che vengono all' occhio da un punto stesso dell' oggetto, sono quasi paralleli tra loro; così picciola è la lor divergenza, ch' ella quasi più non contribuisce alla loro debolezza: quest' effetto dipende più essenzialmente da certe altre cagioni, di cui farò quì appresso menzione.

to è possibile per ricevere un maggior numero di detti raggi troppo rarefatti: egli si è questo un mezzo, che la natura stessa inspira, e che non va senz' effetto; ma egli è però assai limitato: l' arte ne porge degli altri, che sono molto più possenti, e di cui parlerò, quando mel permetterà l' ordine delle materie.

Le persone aventi gli occhi molto sensibili, o, come si dice, *la vista tenera*, hanno il vantaggio di vedere dove altri non vede: alcuni se ne son trovati, che di notte leggevano senza candela, e che tutto distinguevano nei sotterranei, e ne' luoghi più oscuri; ma per l' ordinario hanno il difetto di non vedere senza difficoltà gli oggetti molto rilucenti, e di un colore risplendente. Ne conosco di quelli, che sostener non possono la vista d' un lastricato, quando i raggi Solari nella State vi battono sopra, e che viaggiando sopra la neve trovansi costretti a tenere gli occhi quasi sempre chiusi: queste sorte di viste si stancano altresì molto facilmente; esse non reggono alla prova d' una lunga lettura, massime al lume di candela, nè di un lungo seguito di fine osservazioni.

I barbagianni, i gatti, e gli altri animali, che cacciano la notte, hanno degli occhi, che molto si aprono: siccome non vedono essi per l' ordinario, se non per via di raggi di luce molto deboli, e molto rarefatti, la natura diede loro il mezzo di riceverne un maggior numero, ed a questo vantaggio ha senza dubbio aggiunto anche quello d' un organo sensibilissimo; perciocchè si può osservare, che la gran luce offende questi animali, e quando esposti vi sono, molti di essi sogliono ristrignere molto la pupilla, al che fu provvisto altresì dalla natura con una particolare organizzazione.

La

La ſpezie, e le qualità dell'oggetto fanno altresì, ch'egli ſi veda ad una maggiore, o minore diſtanza. S'egli è un corpo per ſe ſteſſo luminoſo, come la fiamma, e tutto ciò che le raſſomiglia, tutti i punti della ſua ſuperficie ſono raggianti; e ſe detta fiamma ha molta attività, i raggi di luce da lei animati acquiſtano maggior virtù: così la più picciola candela acceſa più da lungi ſi vede, che un verme lucente di notte tempo, e l'uno e l'altro aſſai meglio ſi diſtingue, che un corpo opaco della ſteſſa grandezza, ed ugualmente diſtante, per quanta cura ſi aveſſe d'illuminarlo bene: nulla tanto ſi avvicina a que' corpi, che brillano per ſe ſteſſi, quanto le ſuperficie pulite, e di colori vivaci, come il bianco, il roſſo, il giallo, ec. perciocchè per l'una parte vi ſono più punti luminoſi; e per l'altra ciaſcuno di detti punti riluce maggiormente. Si diſcuoprono in diſtanza di 25, 30, e più leghe certe montagne coperte di neve, che poi ſi perdono di viſta, quando la neve ſi è dileguata.

La maniera finalmente, con cui è illuminato un oggetto, fa, che ſi diſtingue a diſtanze aſſai diverſe; perciocchè ſe la luce, che il rende viſibile, non viene immediatamente da lui, ella ha però degli effetti più o meno limitati a proporzione della primitiva ſua forza, del cammino, che ha fatto, e dei mezzi, che ha attraverſati prima di giungere all' oggetto, ch'eſſa illumina; ma non deggio per ora fermarmi in queſte conſiderazioni, appartenendo eſſe ad altre parti, che nel proſeguimento avrò a trattare.

Conſiderando lo ſcemamento della luce cagionato dalla divergenza dei raggi, rifletter conviene, che certe comparazioni ſimili a quelle della noſtra ſeconda Eſperienza non poſſono più ren-

derlo ſenſibile, quando il punto raggiante ſi trova in una grandiſſima diſtanza, qual ſarebbe un punto della ſuperficie del Sole, o d' una ſtella fiſſa (*a*); concioſſiachè i raggi ſieno allora così poco divergenti, che poſſono come ſenſibilmente paralleli conſiderarſi. Se ſi poteſſe far paſſare in un luogo oſcuro un getto di luce vegnente da un ſolo punto del Sole (*b*) vedrebbeſi ſenza dubbio ſotto una forma non già piramidale, ma cilindrica; e per conſeguenza, in qualunque diſtanza dal buco, che ſi riceveſſe ſopra di un piano, lo ſpazio, che ne rimarrebbe illuminato, non cangerebbe di grandezza. Di quì appare la ragione, per cui gli oggetti di queſta ſpezie, che hanno la forza di animare dei raggi così lunghi, ſono veduti ugualmente cento leghe più da lontano, come cento leghe più da vicino; perciocchè i raggi vegnenti da ciaſcun punto della loro ſuperficie eſſendo come paralleli tra di loro, l' occhio più o meno diſcoſto ne riceve ſempre una eguale o diſugual quantità.

Ma la luce non ſi diminuiſce ſolamente per la divergenza naturale de' ſuoi raggi; ella s' indeboliſce altresì nell' attraverſare i mezzi anche più diafani; perciocchè per quanto ſi voglia immaginare, ch' eſſa vi ritrovi dei pori livellati in tutte le poſſibili direzioni, e riempiuti d' una luce eſtinta, a cui ella non ha che de comunicare il proprio moto, accade però, che le parti proprie di detti mezzi interrompono di quando in quando la contigui-

(*a*) Ed ancora in diſtanze aſſai men grandi.

(*b*) Si vedrà in appreſſo eſſer queſto difficiliſſimo, ed un raggio del Sole, che paſſi pel buco d' una fineſtra in una camera oſcura, non eſſere quello, che quì ſi dimanda.

tiguità dei globetti, e producono o delle deviazioni, o dei moti retrogradi, che altrettanto scemano il progresso della luce. Il più sottile e il più trasparente pezzo di vetro respigne sempre una parte dei raggi, che alla sua superficie si presentano; l'acqua la più limpida non lascia penetrar la luce sino al suo fondo, se ha una certa profondità; l'aria dell'atmosfera non lascia giunger insino a noi quella, che dagli astri si spinge verso il nostro globo: e senza di essa assai meglio, e più di lontano distinguerebbonsi gli oggetti, che alla nostra vista si offrono.

Evvi certamente di che meditare intorno a questa materia, che si può tuttavia dir nuova, quantunque alcuni Saggi ne abbiano già fatto l'oggetto delle loro ricerche: egli sarebbe non meno curioso, che utile, il sapere giustamente, ed in tutta la sua estensione, di quanto la luce si scemi alla superficie, e nell'interiore de' corpi, dove può essa penetrare, e le correlazioni, che passano tra' gradi di trasparenza, e le diverse spessezze di essi corpi; ma mentre aspetteremo di avere intorno a questo, quanto desiderar si potrebbe, potremo contentarci di un'eccellente opera, che fu impressa nel 1729 (*a*) e che fu dal Sign. Bouguer modestamente proposta come un saggio, a cui nessuno però dopo la pubblicazione ardì ancora di aggiungere cos'alcuna. Io ne darei quì volentieri un estratto, se non temessi di farle torto con abbreviazioni, delle quali è poco suscettibile; giudico però essere più convenevole di rimandarvi il Leggitore, che sufficientemente si crederà iniziato.

(*a*) Essai d'Optique sur la gradation de la lumiere.

III. ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Si adopera per questa Esperienza l'apparato medesimo, che servì alle due ultime, aggiugnendo a ciascuno dei buchi *a*, e *b* un vetro lenticolare somigliante a quello del buco *c*, ed alle estremità dei due tubi del lato corrispondente alla camera altri piccioli vetri piani coloriti, l'uno di rosso, l'altro di ceruleo, affinchè la luce, che vi si fa passare col mezzo degli specchj, si mostri con questi due colori. Alla distanza di 2, o 3 piedi dalla cassa si colloca sulla riga FK una piastra verticale coperta di panno nero, e si attacca verso la metà un cerchio di cartone bianco di 12, o 14 linee di diametro. I tre buchi *a*, *b*, *c* sono coperti da tre piccioli pezzi d'ottone, che su ciascuno di essi si abbassano, e possono separatamente, o tutti insieme levarsi.

EFFETTI.

Il piccol cerchio di cartone, che sta applicato sul panno nero, appar coperto d'una luce rossa, qualora si scuopre il buco *a*; d'una luce cerulea, qualora si scuopre il buco *b*; d'una luce più viva, ma senza colore, qualora si tiene aperto il buco *c* solamente; e si tinge finalmente d'una luce porporina, qualora si aprono insieme i due buchi *a*, e *b*.

Questi effetti stessi si scorgono, benchè si faccia andar avanti, o andar indietro la piastra verticale, e si porti a destra, o a sinistra il picciol cerchio di cartone bianco, che sopra v'è applicato.

SPIEGAZIONI.

Ciascuno dei due buchi *a*, e *b*, essendo precisamente il sito, in cui vengono ad attraversarsi i

raggi

raggi solari dallo specchio riflessi sopra la lente di vetro, ond'è guernita l'altra estremità del tubo, devesi considerare, come un punto raggiante simile a quello del buco *c*, con questo solo divario, che la luce passata per un vetro rosso, o ceruleo comparisce nella camera sotto l'uno o l'altro di questi due colori.

Poichè un punto raggiante anima tutto all'intorno di sè dei raggi divergenti, de' quali esso è il centro, non è maraviglia, se ciascun di questi, essendo scoperto, illuminerà intieramente la piastra, che gli è opposta in distanza di due o tre piedi anche se molto più grande ella fosse, che non è: ed ecco il perchè il picciolo cerchio di cartone bianco applicato sul panno nero si trova illuminato d'una luce, quando rossa, e quando cerulea, secondochè scoperto si è l'uno, o l'altro dei due buchi *a*, o *b*; e che si vede semplicemente rilucere, senzachè la luce abbia alcun colore, quando il solo buco *c* sta aperto. Per la stessa ragione ancora questi effetti costantemente sussistono, in qualsivoglia sito si attacchi il picciolo cerchio di cartone sopra la piastra.

Non v'ha dubbio, che la piastra medesima riceve altresì in tutta la sua estensione nel tempo stesso la luce di tutti i punti raggianti, a' quali è esposta; poichè i due buchi *a*, e *b* essendo insieme scoperti, il cerchietto di cartone in qualunque sito si collochi sulla piastra, riceve un colore porporino; imperocchè egli è evidente, che ciò proviene dal mescolamento dei due colori, rosso, e ceruleo.

Il cerchietto di cartone bianco è più vivamente, e senza colore illuminato dalla luce, che passa in *c*, che da quella, che viene dalle altre due aperture; perciocchè non avendo da attraversare, che

la

la lente di vetro, ella soffre minor diminuzione, che negli altri due tubi, ne' quali sono anche de' vetri coloriti. Un'altra ragione non men forte dell'allegata potrei soggiungere; ma non posso farla valere, se non dopo che avrò fatto conoscere in qual modo la luce divien capace a colorire gli oggetti, ed in che sia ella diversa allora dal suo stato ordinario.

PRIMA ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Questa Esperienza si prepara, come la precedente; ma in vece della piastra coperta di panno nero, se ne adopera un'altra fatta d'una foglia di metallo avente una mezza linea di spessezza, ed aperta nel mezzo con un buco rotondo di 6 linee di diametro: più discosto da questa un piede, o quindici pollici se ne presenta un'altra di carton bianco, e senz'apertura.

EFFETTI.

I tre buchi della cassa *a*, *b*, *c*, essendo insieme aperti, e raggianti, veggonsi sul cartone bianco tre cerchj luminosi; cioè, uno rosso, uno ceruleo, ed il terzo senza colore, disposti sopra una medesima linea, ma in ordine opposto a quello dei buchi raggianti; vale a dire, che il cerchio rosso, la cui luce viene dal punto *a*, si trova in *d*; il ceruleo formato di raggi passanti per *b*, si vede in *f*; e quello, che non è colorito, occupa il mezzo *e*, come il buco *c*, da cui viene la luce. Veggasi la Fig. 9.

Se più si allontana il carton bianco dalla piastra bucata, altri nuovi effetti se ne producono. Primieramente s'allarga ciascuno dei tre cerchj; in secondo luogo i centri di quelli dei lati *d*, *f*, più s'allontanano da quello di mezzo.

SPIE-

SPIEGAZIONE.

Si è veduto per l'ultima Esperienza, che il cerchietto di cartone bianco, in qualunque sito sopra la piastra di drappo nero si collocasse, diveniva sempre come la base comune delle piramidi di luce, che venivano dai tre punti raggianti *a*, *b*, *c*. Ora queste stesse piramidi non ritrovando più quell'ostacolo, ma libero passaggio attraverso alla piastra verticale, si prolungano fin sopra il cartone, e segue ciascuna di esse la primiera sua direzione: la rossa, e la cerulea si attraversano nel passaggio su quella di mezzo, di sorta che le lor basi pigliano delle situazioni opposte a quelle delle loro punte: quella, che viene dalla destra, va a finire alla sinistra; e l'altra dalla sinistra alla destra si stende.

Se viene il cartone ad allontanarsi di più dalla piastra bucata, dove si fe' l'incrocicchiamento, ciascuno dei cerchj luminosi maggiore diventa per la divergenza dei raggi, ond'è composta la piramide, come di sopra ho fatto comprendere; ed i centri dei due cerchj coloriti s'allontanano da quel di mezzo, perciocchè le piramidi, di cui son base, divengono fra di loro divergenti dopo di essersi attraversate; il che non è difficile a comprendersi.

Sul proposito di questa divergenza dall'incrocicchiamento delle piramidi luminose prodotta, evvi un'importante osservazione da fare; ed è, che i raggi, che così s'incrocicchiano, formano due angoli opposti per le loro punte, e conseguentemente uguali; donde segue, che l'allontanamento reciproco de' cerchj coloriti *d*, *g* dipende non solo dalla distanza, ch'è tra la piastra bucata, ed il cartone, come feci vedere poc'anzi; ma da quella altresì, che si trova tra il luogo, in cui

s'at-

s'attraversano i raggi, ed i punti raggianti *a*, *b*, donde procede la luce; perciocchè ben si comprende, che se minore fosse quest' ultima distanza, per questo solo gli angoli dai raggi formati sì prima, che dopo il punto dell' incrocicchiamento, più grandi sarebbono, come pure questi medesimi angoli minori diventerebbono, se i punti raggianti *a*, *b* più s'allontanassero dal piano, in cui vanno ad incrocicchiarsi.

APPLICAZIONI.

Ogni oggetto, qualora diventa visibile, essendo raggiante per tutti i punti della sua superficie, come ho spiegato alla pag. 30. e potendo la pupilla dell' occhio considerarsi, o come uno spazio circolare, che riceve i raggi della luce, o come un buco rotondo, che passare gli lascia, puossi facilmente applicare al senso della vista ciascuno dei fatti, che nelle due ultime Esperienze incontrati si sono, e riferirvi un gran numero di fenomeni, che a tutti son noti, ma di cui pochi sono in istato di rinvenir la ragione. Fermiamoci solamente su quelli, che immediatamente dipendono dalla direzione delle piramidi luminose, che procedono dai differenti punti dell' oggetto, e dal loro incrocicchiamento nella parte anteriore dell' occhio; riserbando ad altra occasione quanto spetta particolarmente alla struttura dell' organo, di cui nulla s'è detto finora. Ora questi fenomeni concernono la situazione, la grandezza, la distanza, la figura, e la chiarezza dell' oggetto veduto.

L'occhio, che sta in azione, o che guarda, non men che il picciol cerchio di cartone della terza Esperienza, diventa come la base comune d'una infinità di piramidi di luce, aventi le loro cime nei punti raggianti del corpo visibile; e benchè l'occhio cangi di sito, vede però sempre quel-

lo

lo stesso oggetto, innanzi a cui sta, non già per que' raggi, ond'era dapprima colpito, ma per altri affatto simili; poichè ciascun punto della superficie, ch'egli contempla, anima un intero emisfero di que' raggi divergenti, de' quali ciascuna piramide luminosa non è, che una picciolissima porzione.

Ma perchè l' oggetto diversamente colorito, mezzo rosso, per esempio, e mezzo ceruleo, non si ved' egli sotto un color misto; posciachè veduto abbiamo il cerchietto di cartone tingersi di color porporino pel mescolamento dei raggi, ch' egli nello stesso tempo riceveva dal punto *a*, e dal punto *b*, nella terza Esperienza?

La ragione si è, che la pupilla non è l'ultimo termine dei raggi, che vi si assembrano: questa parte dell'occhio altro non è, che una semplice apertura assai meno somiglievole al cerchietto di cartone, che trattiene le piramidi luminose della terza Esperienza, che al buco della quarta, il quale le lascia passar oltre. Devesi dunque concepire, che tutte le piramidi di luce, che vanno a terminare nell'occhio, passano senza confusione per la pupilla, attraversandovisi, come s'è veduto fare ai due raggi rosso e ceruleo; dopo di che continuano esse il loro cammino fin nel fondo dell' occhio, in cui ciascuna di loro fa sua impressione separatamente dall' altra.

Ora tutte queste impressioni son quelle appunto, che disegnano l'immagine dell'oggetto, come più particolarmente spiegherò parlando della visione distinta. Così, poichè si è veduto per la quarta Esperienza *Fig. 9.* il raggio rosso partirsi dalla destra, e andar a finire alla sinistra del raggio *c e* dopo di esser passato pel buco della piastra, ed il raggio ceruleo passare dalla

sini-

ſiniſtra alla deſtra, penſar ſi deve, che tutti i faſtelli di luce vegnenti dai differenti punti dell' oggetto all' occhio parimente nella pupilla s' incrocicchino, e che l'immagine, che ne riſulta nel fondo di queſt' organo, prenda una ſituazione roveſciata. Non altrimenti, e per le ſteſſe ragioni, dimorando in una camera ben chiuſa, in cui la luce non entra, che per un buco fatto nel legno della fineſtra, o nella porta, ſi vede nel ſoffitto, o nella muraglia la figura, ed i movimenti degli oggetti eſteriori, ma in un ordine roveſciato.

Sì, ella è una verità coſtante, che ogni oggetto riſchiarato, e collocato avanti l' occhio ſi dipinge nel fondo di queſt'organo in maniera che l' immagine ſua vi prende una ſituazione oppoſta a quella, ch' egli ha. Un uomo, che ſtia in piedi, vi viene rappreſentato colla teſta volta in giù, e la ſua man deſtra divien la manca; e poſſiamo convincerſene con un' aſſai curioſa Eſperienza, la qual però eſige qualche deſtrezza, perchè con ſucceſſo ſi eſeguiſca. Biſogna chiuder la porta, e le fineſtre d' una camera per renderla ben oſcura, fare in uno dei legni un buco rotondo di 5, o 6 linee di diametro, ed applicarvi dalla parte anteriore un occhio di vitello, o di montone, ben freſco, da cui ſi ſieno tolti via tutti gl' integumenti, eccetto l' ultimo, che tocca immediatamente l' umore, che *vitreo* ſi appella. Se queſta preparazione è ben fatta, e ſe ſi uſa attenzione per non cangiare la natural forma dell' occhio col premerlo, coloro, che ſaranno nella camera, vedranno beniſſimo ſul fondo di detto occhio, ed in una ſituazione al roveſcio gli oggetti eſteriori, che ſaranno bene riſchiarati, con tutti i loro movimenti, e colori naturali.

Se cagiona maraviglia il vedere gli oggetti diritti,

ritti, quando sappiamo, ch' essi sono sempre rappresentati al rovescio negli occhi nostri, ciò avviene, perchè mal a proposito si confonde l' impressione, che si fa sull' organo, col giudizio dell' anima, che la segue. *Guardare*, e *vedere* son due cose diverse; e distinguendo l'una dall' altra mi lusingo di potere render ragione del fenomeno, di cui si tratta, senza appigliarmi a que' raziocinj troppo metafisici, de' quali si valsero alcuni celebri Autori; e senza avere ricorso a certe sforzate ipotesi indegne d' aver luogo in opere di qualche grido.

Guardare un oggetto è volgersi verso di esso per riceverne l' immagine nel fondo dell'occhio; ma sebbene questa immagine co' più vivi colori vi si ritragga, noi però non veggiamo l'oggetto, ch'essa rappresenta, e che fuori di noi si ritrova, se l' impressione fatta sull' organo non eccita, o non desta in noi l' idea della sua presenza, e non ci spinge a giudicare della sua grandezza, situazione, distanza, del suo colore, de' suoi movimenti, ec. Una prova, che la visione non è compita per questa sola pittura dell' oggetto, si è il sapere, ch' ella si fa ugualmente negli occhi d'un morto, come ne accerta l' esperienza quì sopra riferita: del resto noi abbiamo appena aperti gli occhi alla luce del giorno, che questa luce vi dipinge tosto un' infinità di oggetti, che noi però non veggiamo, perchè l'anima in altre cose occupata non attende a tutto ciò che si passa sopra l'organo della vista, com' è usa di fare anche in ciò che riguarda gli altri sensi.

Vedere si è dunque un atto dell' anima, per cui noi rapportiamo ad una certa distanza da noi la cagione delle impressioni, che sentir si fanno sull' organo; o, se così volete, tutto ciò ch' è rappre-

sen-

sentato dall' immagine, che si scolpisce nel fondo dell' occhio. Ora questo picciol ritratto è uno assembramento di punti, ciascuno de' quali è impresso da un pennello di raggi, che vengono in retta linea dall' oggetto visibile. Riduciamo questi pennelli a tanti raggi semplici, e non consideriamone, che gli assi, e supponiamo, che A, B *Fig.* 10. sieno le due estremità d' una freccia, che io guardo, e che C ne sia il mezzo. Noi possiamo a questi tre punti, ed alle loro immagini applicare ciò che abbiamo imparato dalla quarta Esperienza: i raggi estremi andando ad incrocicchiarsi in E sopra quello di mezzo, devono terminarsi in *a*, ed in *b*, e rappresentarsi conseguentemente sopra la linea DD in un ordine del tutto opposto a quello, che avevano prima del loro incrocicchiamento.

Convien ora richiamare alla mente ciò che altrove si è detto; cioè, che noi giudichiamo naturalmente dell' oggetto alla cima delle piramidi, o dei fastelli di luce, che ce lo fanno sentire. Se ciò non è sempre vero, quanto alla estimazione della distanza; è però incontrastabile ed infallibile in riguardo alla direzione: e quì sta il punto essenziale per la quistione, che io esamino. Egli non è dunque dubbioso, e nessuno ritroverà straordinario, che io riferisca in C quanto sento sulla parte *c* del mio occhio: e perchè non riferirei altresì in A quello, di cui l' immagine è impressa in *a*; e parimente in B l' estremità della freccia, che mi colpisce pel raggio B *b*? Questi due ultimi giudizj sono non men del primo legittimi; e posso altrettanto dirne di tutti gli altri punti visibili dell' oggetto presi separatamente.

Ma se riferendo così ciascun punto dell' oggetto alla estremità del raggio, che me ne disegna l' imma-

magine, io vedo l'estremità della freccia A al di sopra di C, e l'altra estremità B al di sotto di questo medesimo punto; oppure (ch'è lo stesso) se io vedo la freccia diritta, quantunque rovesciata si rappresenti ne' miei occhi, è forse questa una nuova maraviglia da spiegare? Per me la direi piuttosto una necessaria conseguenza, che viene dal comprender la detta freccia per via di raggi incrocicchiati, e dal seguire io la naturale inclinazione, che ho di riferire ciascun punto dell' oggetto alla estremità del raggio, che visibile me lo rende.

Non s'immagini adunque, come si è fatto, contro il verisimile, che da noi si vedano naturalmente gli oggetti rovesciati, e che per mera abitudine, ed a forza di esperienza da noi s'impari a ben giudicare delle loro situazioni. I fanciulli, e gli animali di fresco nati ci convincono del contrario nei primi movimenti, ch'essi fanno per esprimere i loro bisogni, e desiderj. Diciam piuttosto esser impossibile, che noi veggiamo giammai gli oggetti altrimenti, che nelle loro situazioni naturali, con raggi, che si attraversano mai sempre entrando nell'occhio, se pure non supponessimo senz'alcun fondamento, che nella visione noi riferiamo, come nell'esercizio degli altri sensi, gli oggetti posti fuori di noi nella direzione dei segni, o dei mezzi, che la natura impiega per renderli sensibili.

Per significare, che un Uomo ha il colpo d'occhio giusto nella estimazione delle grandezze, o della distanza di uno ad un altro corpo, si dice comunemente nel discorso famigliare, ch'egli ha *il compasso nell' occhio*. Questa espressione corrisponde a maraviglia agli angoli formati dai raggi, che partendo dalle estremità dell'oggetto vengono ad attraversarsi nella pupilla, e che noi chiameremo

ſempre in appreſſo *angoli Optici*, o *angoli viſua-li*. Queſte linee rette così interſecandoſi, *Fig.* 10. fanno l'officio di un compaſſo di riduzione, di cui le due brevi gambe ſi aprono ſopra il ſondo dell' occhio proporzionalmente alla quantità, che le lunghe ſono aperte per abbracciare l'oggetto intiero: ſecondo queſto ſenſo tutto il mondo ha *il compaſſo nell' occhio*, ma vi ſono certuni, che meglio degli altri ſe ne ſervono, vale a dire, che hanno il particolar vantaggio di giudicare, o di eſtimare ſicuramente le grandezze dalle impreſſioni, che ſon comuni a chiunque vede; e per eſſi ſenza dubbio queſta maniera di parlare fu poſta in uſo.

Noi veggiamo dunque gli oggetti più grandi, qualora più aperti ſono gli angoli viſuali, che abbracciano le loro dimenſioni, perciocchè allora queſti dimenſioni ſteſſe, cioè la loro altezza, larghezza, e lunghezza, ſono reſe al fondo dell' occhio ſotto angoli ſimiglianti, e l'immagine, che ne riſulta, vi occupa uno ſpazio maggiore: così vedeſi la Luna più grande di Marte, di Giove, o di Saturno; perciocchè gli angoli Viſuali, che miſurano i diametri del ſuo diſco apparente, ſono aſſai più aperti, che quelli non ſono, ſotto di cui ſi veggono gli altri Pianeti.

Ma queſti angoli più acuti divengono a miſura che l'oggetto ſi allontana dall' occhio, come può vederſi per *H E I Fig.* 10., e per queſta ragione l'apparente di lui grandezza, generalmente parlando, ed avuto riguardo a queſti ſoli effetti optici, diminuiſce come creſce la diſtanza; cioè a dire, che la di lui immagine nell' occhio è d' una volta più picciola in ogni ſenſo, quando di una volta più da lungi ſi mira.

Quando queſta immagine ſi è diminuita al di-

là

là di un certo punto, o perdiamo di vista l' oggetto interamente, o non lo veggiamo più, che confusamente, perchè allora le sue differenti parti non si ritraggono più sopra quelle dell' organo, che sono molto separate le une dalle altre. Pretendesi, che la vista umana cessi d' essere distinta, qualora gli angoli optici cominciano ad aver meno di un minuto di gradi (*a*).

Se questa estimazione è giusta, può credersi, che gli animali di diverse spezie aventi gli occhi o più grandi, o più piccioli dei nostri, perdano, gli uni più presto, gli altri più tardi di noi, gli oggetti di vista; perciocchè l' ampiezza dell' immagine, che considerata nel medesimo occhio non dipende, se non dalla grandezza degli angoli optici, deve dall' occhio più piccolo al più grande variare, come la distanza, che vi sarà tra il luogo, in cui s' attraversano i raggi, e quello, in cui vanno a finire per ritrarre l' oggetto. Così l' immagine, che non avrebbe che la grandezza necessaria per un occhio qual si è *D D*, troppo picciola sarebbe, quantunque sotto l' angolo stesso, per un altr' occhio, il cui fondo fosse *G G*, e più che sufficiente per quello, in cui ella potrebbe andare insino in *F F*, quando però la natura costretta a proporzionare gli occhi alla picciolezza di certi animali, non abbia supplito al difetto di estensione colla delicatezza delle fibre destinate a ricevere le impressioni della luce, come sembra doversi presumere, quando si riflette, che un per-

E 2 ni-

(*a*) Secondo il Dott. Hook, un oggetto nel Cielo diviene all' osservatore invisibile, qualora comprende nel suo occhio un angolo minore d' un mezzo minuto. *Remarq. sur la machine celeste d' Hevelius p.* 8. Per gli oggetti meno lucidi l' angolo dev' esser maggiore.

niciotto non isfugge al colpo d' occhio d' un uccello di rapina librantesi nell' aria cento piedi al di sopra di esso.

Se il solo allontanamento dell' oggetto basta per farcelo vedere sotto angoli più acuti, è facile il capire perchè noi abbiamo riguardo alla distanza per giudicare della sua grandezza. Noi distinguiamo per la campagna un animale, che prenderessimo in iscambio di un montone, o d' altra cosa anche minore, per lo picciol volume, che troviamo in quest' oggetto; ma perciocchè noi distinguiamo nel tempo stesso un quarto di lega di distanza tra noi e lui, ci viene in mente che possa essere un cavallo, o una vacca; e se questa distanza o ignota ci fosse, o nascosta, le grandezze apparenti non basterebbono mica per istruirci delle grandezze reali, massime ove si trattasse d' oggetti nuovi, o non mai veduti da vicino. E questo appunto frequentemente interviene a chi viaggia a caso o per la prima volta nelle montagne, e spinge la vista d' una in un' altra, senza sapere, o riflettere ch' esse da una valle son separate. Questo inganna eziandio coloro, che inopinatamente distinguono alcun oggetto isolato, a' quali è necessario qualche tempo, e qualche riflesso per riconoscerlo. E questo viene dal sapersi, almeno implicitamente e per abitudine, che l' apparente grandezza diminuisce a misura che l' occhio si scosta dall' oggetto, e che conseguentemente dir non si può, quanto detto oggetto sia grande in se medesimo, quando però s' ignora di qual quantità egli sia discosto.

Siccome il grado di distanza, quando ci è noto, ci serve a ben giudicare della grandezza d' un oggetto, che non conosciamo, così pure l' oggetto conosciuto e famigliare ci apprende per la sua

gran-

grandezza apparente la distanza, che passa fra esso, e noi, non mai però con precisione, ma quasi sempre con un incirca, che basta. Un uomo, un cavallo, un albero, ec. che io distinguo sotto una grandezza assai minore, di quella, che in esso io conosco, mi fa giudicare senza considerabilmente ingannarmi, che io mi trovo nella tale distanza da lui. Altro è da dire, se quello, che da me si vede in questo modo da lontano, è d'un volume maggiore, che io non credo; come se per esempio si trasporta nei Pirenei, o nelle Alpi un Parigino, che non abbia mai veduto altro che Montmartire, o il Monte Valeriano (*a*). Costui certamente crederà distante da sè tre, o quattro leghe una montagna, che lo sarà più di dodici, perciocchè non avendo idea di quelle masse enormi, non può saper di quanto la loro apparente grandezza sia diversa dalla loro grandezza reale, per fissarne la loro distanza. In tal caso non possiam giungere a persuaderci della grande distanza, fuorchè considerando gli oggetti intermedj, e le degradazioni di luce, che seguono mai sempre le grandi lontananze.

Anche quando l'oggetto lontano ci è cognito, tutto ciò, che fra esso e noi si ritrova, non poco contribuisce a farci conoscere il suo grado di lontananza; l'occhio scorre tutti gli oggetti intermedj, ed aggiugnendo, per dir così, le loro respettive distanze ne fa una somma totale: quando ciò non si può fare, o per la fretta non si fa, si stima d'ordinario la distanza minore di quel ch'ella è: che però coloro, che non sono assuefatti a vedere in mare, credono distinguere a due, o tre leghe da loro un'isola, che più di dieci leghe

(*a*) Due piccioli monti ne' contorni di Parigi.

è distante; perciocchè lo spazio, che dall'Isola gli divide, essendo una piaggia uniforme, l'occhio nulla v'incontra, onde valer si possa per divisarlo, e non può distinguerne le parti per contarle. Quasi lo stesso avviene di ciò, che si vede in capo ad una gran praterìa, o ad una pianura non interrotta nè da alberi, nè da case, nè da verun altro notabile oggetto; e s'egli è vero, che con minor sicurezza che altrove si colpiscano gli uccelli tirando sopra d'uno stagno, ciò non avviene perchè, come volgarmente si dice, il piombo vi conservi sensibilmente meno la sua velocità, che in piena campagna, (perciocchè ne ho fatta espressamente la prova), ma piuttosto perchè non estimando bene la distanza, troppo da lungi si tira senza saperlo, e sovente sopra certi animali, le penne, e la pelle de' quali più difficili sono a penetrarsi, che quelle d'una pernice, o d'una quaglia.

Per gli angoli visuali noi giudichiamo altresì della rispettiva distanza di due oggetti veduti ad un tempo: essi sono in riguardo all'occhio, come i due punti estremi d'un solo e medesimo corpo, in una parola come i punti raggianti *a*, e *b* delle ultime nostre Esperienze, in riguardo al buco della piastra.

Ecco adunque perchè, quando entriamo in una strada un po' lunga, l'altra estremità di essa più stretta e più bassa ci sembra, sebbene gli alberi, ond'è formata sieno dapertutto alti egualmente, e gli ordini paralleli fra loro; Conciossiachè veder si possa per la *Fig.* 11. che i raggi, che vengono all'occhio dagli alberi più lontani, presi a due a due, formano degli angoli più acuti di quelli, che vengono più da presso; nè altrimenti accade di quelli, che vengono dal piede di ciascuno dei detti alberi e della loro cima.

Lo

Lo ſteſſo dir ſi può in generale di tutti quegli oggetti, che molto lunghi ſono, e terminati da linee, o da piani paralleli: una gran praterìa chiuſa fra due canali, uno ſtagno d' acqua di grand' eſtenſione ci pareranno ſempre più ſtretti nel luogo più lontano da' noſtri occhi, benchè amendue ſieno eſattamente formati in quadrati lunghi. Qualora entriamo in una galleria, ella più baſſa ci ſembra nell' altra eſtremità, perchè l' angolo viſuale, che abbraccia la diſtanza dal pavimento al ſoffitto diventa neceſſariamente minore, quando queſta dimenſione, o queſto intervallo vien preſo in un ſito più dall' occhio diſcoſto.

Quando queſte ſorti d' oggetti non offrono allo ſpettatore, che un piano, o una linea, qual ſarebbe una muraglia, o una fila di Soldati, l' occhio che ſi pone all' una eſtremità, ed alquanto da lato, in modo da ſcoprir tutto, come nella *Fig.* 12. ſuppliſce all' ordine, o al lato parallelo, che manca, colla direzione del ſuo ſguardo; riferiſce alla linea *PQ*, ch' è come l' aſſe prolungato del globo dell' occhio, i differenti punti dell' oggetto 1, 2, 3, 4, ec. e queſti punti pajono accoſtarſi a detta linea, ſecondo la diminuzione dell' angolo, che fa con eſſa il raggio procedente da ciaſcuno dei punti viſibili: quindi avviene, che ſembrano formare col ſeguito una linea inclinata a PQ, ſecondo l' ordine delle cifre 1, 2, 3, 4, ec.

E per queſta ragione uno, che ſia poſto alla teſta d' un canale, o d' uno ſtagno, in vece di vedere la ſuperficie dell' acqua orizzontale, com' ella è in effetto, s' immagina ſempre ch' ella s' innalzi a miſura che più ſi allontana. Perciò ancora quando coſteggiamo camminando un muro, benchè queſto ſia ſempre diritto, e parallelo al cammino, che teniamo, pure lo vediamo ſempre,

come ſe inclinato foſſe verſo di queſto: e ſe ci mettiamo a giacer ſupini in diſtanza di qualche piede da una torre, o da un muro alquanto elevato, e lo conſideriamo di baſſo in alto, ci ſembrerà pendere dalla parte in cui ſiamo, in guiſa da intimorire chiunque ignoraſſe, che ſta veramente a livello.

Un oggetto, che da lungi ſi mira, di rado ſotto la ſua vera figura ſi diſtingue; perciocchè la figura di un corpo ſi è l'ordine, che le ſue parti fra di loro conſervano; e queſt'ordine, o queſta reſpettiva poſizione de' punti viſibili cangia nella rappreſentazione, o apparenza dell'oggetto, ſecondo il modo, con cui le ſue dimenſioni all' angolo viſuale ſi preſentano. Se per eſempio in diſtanza d' una lega, e da qualche ſito alquanto elevato ſi diſtingue un ordine d' alberi piantati, come R R, *Fig.* 13. vedonſi tutti livellati nella medeſima direzione, e quaſi egualmente fra loro diſtanti, come lo ſono di fatti: perciocchè tutti gli angoli viſuali, che gli comprendono a due a due, poco ſon diverſi gli uni dagli altri: il che fa, che l' immagine di detto ordine d' alberi ſcolpita nel fondo dell' occhio è aſſai conforme al ſuo oggetto.

Ma ſe queſti alberi ſteſſi foſſero diſpoſti in forma di mezza luna, come S T V, *Fig.* 14. vedrebbonſi ſempre ordinati nella linea retta S V, più ſerrati inſieme ſolamente verſo le eſtremità, che verſo il mezzo; perciocchè in un tal grado di diſtanza le piramidi di luce, che a noi vengono dai diverſi punti dell' oggetto, abbaſtanza non ſono diſſimili per la divergenza de' raggi loro, per farci ſentire, che gli alberi di mezzo ſono a noi più vicini, che quelli delle eſtremità, e gli angoli viſuali, che a noi portano ciò, che verſo S e verſo V ſi ritrova,

va, essendo minori degli altri, ne segue, che due de' suddetti alberi presi alle estremità deono sembrarci più vicini l'un dell'altro, che due dei medesimi alberi, che si pigliassero verso T. Il Sole, e la Luna, che pur sono veri globi, non offrono agli occhi nostri, se non de' piani circolari e luminosi come se fossero semplici dischi, perchè tutte le linee formanti le loro superficie convesse ci si presentano nel modo stesso, che l'ordine d'alberi S T V, di cui testè si è parlato, vale a dire, come tante rette linee.

Quanto agli oggetti composti di rette linee, o di superficie piane, se molto sono grandi, l'apparente lor figura c'inganna, solo perchè le diverse loro parti si vedono in distanze più grandi le une delle altre, locchè sempre ci rappresenta le loro dimensioni sotto sembianze diverse da quelle ch'esse hanno realmente. Così uno stagno d'acqua ben quadrato non si vede già sotto tal forma, ma più stretto sembra verso l'estremità sua più lontana dall'occhio. Ma indipendentemente da questa cagione, sovente, anzi quasi sempre avviene, che certe dimensioni dell'oggetto obliquamente presentansi agli angoli visuali, mentre altre più direttamente ricevono i nostri sguardi; e questo altresì produce delle apparenze, che dalla realtà si allontanano. Se a cagione di esempio, dal terrazzo d'un giardino io miro nella campagna un campo di biade verdeggianti, la cui larghezza si offre a' miei occhi, come A B, *Fig.* 15. e lunghezza, come la linea A G: io lo vedrò sotto una figura più corta di quella, che ha realmente, perchè nella immagine optica di detto oggetto la lunghezza in vece di restar uguale alla larghezza, è compresa sotto un angolo minore, e si riduce come A *a*.

Egli

Egli è ora facile il comprendere, che i differenti aspetti possono non solamente cangiare in apparenza le grandezze di certi lati, lasciando sussistere gli altri, coi cangiamenti però dalle distanze prodotti, ma cancellarle ancora interamente, dimodochè un solido appaja un piano, un piano una linea, ed una linea un punto. Così da lungi una massa di marmo bianco può esser creduta una tovagliola distesa, s' è collocata davanti all' occhio in guisa da non lasciargli vedere, che una sola delle sue facce; più non si vede la banderuola, ma la sua asta soltanto, qualora precisamente essa si truova nell' angolo visuale, che ne misura l' altezza; finalmente non vediamo, che una macchia nera terminata da un cerchio di bronzo, quando miriamo direttamente la bocca d' un cannone.

Coloro, che si applicano a disegnare in prospettiva, mai non saprebbono meditar troppo sopra la variazione degli angoli optici prodotta o dalla distanza degli oggetti, o dai diversi aspetti, sotto di cui presentansi all' occhio. Imperciocchè siccome tutta l' arte loro consiste nel rappresentar bene gli effetti della visione, i quali principalmente dipendono dagli angoli, de' quali si tratta, essi non possono farvi qualche riuscita, se non sanno o per principj, o almeno per pratica quanto a questo proposito insegnai finora: nè può ancora bastare per loro, conciossiachè il quadro, su di cui si dipingono le immagini, avendo per lo più una situazione affatto diversa dal piano orizzontale, in cui si vede la maggior parte degli oggetti, quando si disegnano, convien non solamenre, che il pittore, o il disegnatore abbia riguardo al valore degli angoli, relativo al punto di vista, per sapere a che si riducono tali o tali dimensioni, tali o tali distanze, ma che si consideri altresì la sezione

di

di quegli angoli ſteſſi per un piano, che prenderebbe il luogo ed il ſito, che il quadro deve avere, per conoſcere eſattamente gli ſpazj, ne' quali deve le diverſe parti conchiudere dell' oggetto, o del terreno, che vuole rappreſentare. Se per eſempio ſi tratta d'un ordine d'alberi veduti nella linea E F, *Fig.* 16., non baſta già il ſapere che detta linea è compreſa ſotto l'angolo E G F; conviene in oltre avvertire, che veduta ſotto l'angolo ſteſſo in un piano verticale, tal quale ſarà il diſegno, o il quadro, eſſa ridotta verrà nello ſpazio *ef*, e anche le di lei parti le più lontane dall' occhio anderanno decreſcendo nella ſteſſa proporzione, il che fa, che il primo albero dev' eſſere diſegnato più grande del ſecondo, ed il terzo più piccolo ancora di queſto.

Da ciò ſi vede che gli oggetti molto diſcoſti l'un dall' altro ſopra un piano orizzontale, accoſtanſi aſſai qualora ſi diſegnano in proſpettiva ſopra un piano verticale. Reciprocamente, ſe l'occhio non mutaſſe luogo, ed il quadro foſſe collocato in una ſituazione orizzontale, come E F, l'oggetto dipinto al naturale nello ſpazio *ef*, più non potrebbeſi diſtinguere, ſe il pittore ricominciando il diſegno non ne ſtendeſſe le parti colla medeſima proporzione di quelle della linea E F; l'occhio allora in G collocato vedrebbe l'oggetto diſtintamente, e nelle ſue proporzioni; ma da ogni altro punto non lo vedrebbe che confuſamente, e sfigurato. Veggonſi tuttodì ne' gabinetti de' curioſi di queſte, per così dire, illuſioni optiche a queſto fine preparate.

Quanto diſſi fin quì della ſituazione, grandezza, ed apparente figura degli oggetti, deve intenderſi ancora de' loro movimenti viſibili. Un corpo, che vediam muoverſi, è un oggetto, la di

cui

cui immagine cangia luogo nell' occhio a misura che passa egli stesso d' uno in altro luogo: convien concepire, che tutti li raggi, che disegnano questa immagine mobile, sono tante rette linee, che si attraversano nella parte anteriore dell' occhio, come più sopra ho spiegato, e che di più girano con un movimento comune attorno al punto stesso del loro incrocicchiamento; dimodochè avanzandosi verso il fondo dell' occhio esse portano le loro impressioni dalla sinistra alla destra, quando l' oggetto esteriore, ch' esse rappresentano, passano dalla destra alla sinistra.

Dipingonsi dunque nel fondo dell' organo i movimenti non meno, che le parti dell' oggetto visibile, in un ordine rovesciato. L' esperienza dell' occhio di vitello, di cui feci menzione di sopra, prova ugualmente e l' uno, e l' altro. Se si sarà bene compreso in qual modo que' raggi, che s' incrocicchiano prima di toccare il fondo dell' occhio veder ci facciano l' oggetto nella sua naturale situazione, non si troverà nemmeno difficoltà in comprendere perchè noi veggiamo muoversi dalla destra alla sinistra un corpo, il cui moto progressivo s' imprime sull' organo dalla sinistra alla destra. Imperciocchè rapportando sempre ciascun punto dell' oggetto veduto alla estremità del raggio, che ce lo fa sentire, mentre detto raggio si aggira come l' ago d' un pendulo sopra uno de' punti della sua lunghezza, per seguire l' oggetto in tutte le sue successive apparizioni, egli è necessario che l' estremità toccante il fondo dell' occhio vada all' opposto dell' altra, e che noi giudichiamo il movimento, che succede al di fuori, in una direzione del tutto contraria a quella, che segue la sua rappresentazione.

Quanto alla velocità del moto noi la misuriamo col

col tempo, che vi s' impiega, e collo ſpazio, che ſi vede ſcorrer l' oggetto; ma queſto ſpazio però non appar ſempre tale, qual è in effetto. Noi ne giudichiamo naturalmente, come della grandezza, dall' apertura degli angoli viſuali, che lo comprendono o totalmente, o in parti; e queſto computo per eſſer giuſto dipende ſpezialmente da due condizioni; la prima, che noi conoſciamo la diſtanza che paſſa fra noi, ed il corpo, di cui l' occhio ſegue il movimento; perchè mirando camminare un uomo in una Campagna, ſe noi lo vediamo nella linea I K, *Fig.* 17., quando è più lontano nella ſtrada L M, per eſempio, noi troveremo la ſua marcia più lenta, che non è veramente, poichè in un tempo dato egli ne parerà ſcorrere lo ſpazio I K minore dello ſpazio L M, che ſcorre realmente.

L' altra condizione ſi è, che lo ſpazio percorſo dall' oggetto non ſi preſenta obliquamente ai noſtri ſguardi, come I M; perchè in ſimil caſo noi ſtimeremmo ancora queſto ſpazio al di ſotto del ſuo giuſto valore, e ſaremmo forte inclinati a credere, che un uomo, il quale foſſe andato per la ſtrada I M, fatto non aveſſe, che il cammino I K, il quale è più breve d' aſſai; nè queſto errore evitare per noi ſi potrebbe, fuorchè avendo riguardo a certe circoſtanze, che non ſempre s' incontrano, o che non ſono baſtantemente notabili, quando i movimenti, che ſi diſaminano, ſi fanno in gran lontananza.

Per la medeſima ragione due uomini, che camminano a paſſo uguale, l' uno per la ſtrada L C M, l' altro per I H K, ſembreranno andare con velocità diſuguali; ſembrerà che l' ultimo affretti maggiormente la ſua marcia, o che allunghi di più del primo il ſuo paſſo; anzi potrebbe interveni-

ni-

nire, nè difficil cosa è a comprenderlo, che colui, il quale potrebbe affrettarsi di più, andasse realmente con velocità minore che l'altro.

Il movimento diviene insensibile alla vista, quando gli spazj percorsi in ciascun secondo di tempo corrispondono ad angoli visuali non eccedenti venti secondi di grado: anche l'occhio più fino e più attento non vede moversi la saetta, che segna in un orologio le ore, benchè essa più velocemente, che in detta proporzione, cammini, intorno a che convien osservare, che la velocità maggiore può diventar insensibile per l'eccessiva distanza, che fra il mobile, e l'occhio si ritrovasse; perciocchè se per esempio i raggi P L, P N fossero così lunghi, che uno spazio di 100. pertiche preso sopra la linea L M non rispondesse che ad un angolo di 18. o 20. secondi di gradi, un corpo, che sarebbe in tale distanza riguardo all'occhio, e che avrebbe tutta la velocità d'una palla di cannone, vi comparirebbe come immobile; ed ecco il perchè noi non veggiamo da un secondo all'altro il movimento del Sole, anzi neppure quel della Luna, benchè amendue sieno assai più rapidi, che non è quello d'una palla cacciata dalla forza della polvere.

Qualora io allego la rivoluzione diurna del Sole o quella della Luna, io intendo solamente parlare delle vestigia, che se ne potrebbono formare nell'occhio dello spettatore: sarebbono queste le medesime, o che l'astro realmente si movesse, o che solo si movesse in apparenza. Perciocchè sia che l'occhio si giri innanzi all'oggetto fisso, sia che l'oggetto mobile passi d'un lato all'altro innanzi all'occhio, l'immagine cangia egualmente di sito nel fondo di quest'organo, ed i suoi moti ricevono le stesse modificazioni; quindi è che stando

do sull' acqua, se non si pon mente al continuo cangiar di sito del battello, che ci porta, si attribuiscono alla sponda del fiume, ed ai più fissi oggetti tutti gli apparenti moti, che dalle differenti posizioni, per cui passano gli occhi, risultano.

Se il mobile segue mai sempre la medesima direzione, egli descrive una linea retta, e noi possiamo seguirlovi colla vista, purchè i punti di detta linea, su di cui si fanno le apparizioni successive, possano essere distintamente rapportati dagli angoli optici, o veramente, ch'è lo stesso, purchè dai differenti punti presi su detta linea possano venire all' occhio dello spettatore dei raggi, che formino degli angoli sufficientemente aperti: perchè se non vi sono questi angoli, o sono troppo acuti, come avviene quando l'oggetto viene diritto a noi, o se ne allontana nella guisa stessa in una grande distanza, insensibile allora è il movimento; e quanto in questo modo veggiamo ne pare che rimanga al suo luogo, nè ci accorgiamo del suo avvicinamento, se non dopo un certo tempo, che più grande, più chiaro, e più distinto di prima ci appare.

Il corpo, che avanzandosi cangia spesso ed insensibilmente di direzione, descrive una linea curva, che molto bene distinguiamo, quando possiam vedere il piano, ch'essa circoscrive; ma la curvatura, sia ch'essa si presenti per la sua convessità, come Q R S, o per la sua concavità, come T V X, *Fig.* 18. non si vede, se l' asse della visione Y V si ritrova nel medesimo piano. Così qualora da lungi vedete girar un lustro, di cui non si è lasciata che una sola candela accesa, voi v' immaginate che quella luce (la quale però descrive una circonferenza di circolo R T V X) non faccia che muo-

muoversi alternativamente dalla destra alla sinistra, e dalla sinistra alla destra nel diametro T X ; e per la stessa ragione quando da un lato voi mirate un mulino a vento da una certa distanza, non vedete che un moto di basso in alto, o d' alto in basso, che in alcun modo non vi riduce a mente le rivoluzioni circolari delle sue ali.

Discorrendo della apparente grandezza degli oggetti, ho sempre supposto, che noi giudichiamo per gli angoli visuali, avuto riguardo al grado di lontananza, e questa si è a parer mio la prima intenzione della natura, poichè pel mezzo di tali ángoli la immagine dell' oggetto, l'impressione che fa sull' organo, si pone in proporzione di grandezza con esso, e si modifica secondo la distanza é la maniera, con cui detto oggetto si presenta. Il dire, come un celebre autore de' nostri tempi, *che questi effetti sono circostanze, che accompagnano la visione, anzichè principj, che le servono di regole*, sarebbe a mio giudizio uno scordarsi d' una verità, da tutti riconosciuta, cioè che nell' esercizio di tutti li nostri sensi l' ampiezza non men che la forza delle impressioni, che sopra i nostri organi si fanno, ci diriggono per giudicare della grandezza, e della maggiore o minore prossimità degli oggetti, che nascer li fanno. Egli è il vero, soprattutto in quanto alla vista, che noi deroghiamo sovente alla legge generale: e che in molti di questi casi quello, che da noi si vede, ci dà l' idea d' una grandezza non proporzionata all' immagine, che se ne scolpisce nel fondo degli occhi nostri; ma ciò da alcune particolari cagioni proviene, delle quali util cosa è il favellare alquanto.

Io sto guardando un uomo lontano 100. passi da me: secondo la regola degli angoli visuali, egli dovrebbe parermi una volta in circa più picciolo
di

di quello, che lo vedrei nella diſtanza di 50. paſſi; perchè l'immagine di lui diminuiſce nel fondo del mio occhio giuſta queſta proporzione; pure mi ſembra e nell'uno, e nell'altro caſo quaſi della grandezza medeſima: Ciò avviene, perchè eſſendo io prevenuto che un uomo non è d'ordinario meno alto di cinque piedi, e diſtinguendo nella ſua figura tutti li contraſſegni di un uomo adulto, io cedo ſenz'avvedermene a quelle intime, e famigliari cognizioni, che ſorpaſſano i limiti della ſenſazione, e s'impadroniſcono del mio giudizio. Voi di lontano mirate un albero, che preſſo ad una caſa ſi erge, e ſtimate ch'egli ſia alto 25 o 30 piedi, perchè vi pare non meno alto, che la caſa, e ſapete poi anche un tal edificio non eſſer meno alto di 4 o 5 pertiche: Se l'albero foſſe iſolato in campagna raſa, voi certo lo credereſte un ceſpuglio. Una perſona, la quale per la prima volta porti la ſua viſta in pieno mare, prenderà facilmente per una barchetta da peſcatore quello, che un Uffizial di marina riconoſcerà toſto per un vaſcello conſiderabile. Queſti ne giudica non ſolamente dall'apparente grandezza, ma da certe parti ancora, ch'egli ſa meglio di un altro diſtinguere, dallo ſminuimento della luce, e de' colori, il che unito all'uſo di vedere ſimili oggetti più da vicino, gli fa aſſai giuſtamente ſentire il grado della diſtanza di quello, e conſeguentemente la grandezza, che conchiuder ſi deve dell'angolo, ſotto il quale ſi diſtingue.

Ma, dirà taluno, ſe la viſione neceſſaria, quella che ci guida a conoſcere gli oggetti per quel che ſono, dipende da queſte comparazioni ragionate, e da queſte peſate cognizioni, come mai egli avviene, che un villano veda in quella guiſa ſteſſa, che vede un uomo iſtruito? E perchè gli

animali d'ogni altra ſpezie, che la noſtra, ſenza rifllettere, e ſenza ragionare, diſtinguono come noi ciò che loro conviene di ben vedere? Perciocchè conviene certamente che così ſia; altrimenti non ſarebbe veriſimile, che una lepra ſi deſſe a ſuggire con tanto ſpavento, e con tanta precipitazione dinanzi al Cacciatore, ch' eſſa vede cento paſſi da ſe diſtante, ſe queſti ſecondo il rapporto degli angoli optici le pareſſe come un pimmeo avente pochi pollici di altezza.

Per riſpondere a queſte obbiezioni, biſognerebbe poter far ſentire a chiunque nol ſa quanta forza abbia l'uſanza: Benchè nella viſion degli oggetti le impreſſioni, che ſi fanno ſull' organo, ſieno realmente ſeguite dai penſieri, dai giudicj, dai ragionamenti dell'anima, uſi fin dall'età più tenera, e continuamente eſercitati in giudicare ſopra ſimili relazioni; noi perveniamo di buon'ora a farlo con una facilità così grande, che lo iſtante della deliberazione divenuto inſenſibile nei caſi ordinarj più non eſiſte, per dir così che virtualmente; ma non ſempre andò così la biſogna; l'abitudine di vedere inſenſibilmente acquiſtata ſi è quella, che ci ha condotti a vedere così prontamente, e queſta abitudine viene anche all' uomo il più ſtupido, almeno ſopra un certo numero di oggetti.

Chi voleſſe convincerſi di queſta verità, non ha che da riflettere alquanto ſu ciò, che ſi paſſa, qualora ſi apprende a vedere alcun particolare obbietto. Conſiderando per eſempio con quale facilità un muſico canta ad apertura di libro ciò che mai non vede nè inteſe, chi non crederebbe, ch'egli punto non delibera ſopra il valor delle note, e che aſſolutamente non ſi paſſa coſa veruna fra il colpo d'occhio, e la pronunciazione?

ne? E pure vi ha tra l'uno e l'altra un'azione dell'anima, un giudicio fondato sopra la figura, e la posizione ben distinta di ciascun segno: deliberazione in vero così pronta, ch'ella non si lascia distinguere alla persona stessa, che delibera, ma che tale però non è divenuta, se non dopo essere stata lungo tempo lenta, e fastidiosamente sensibile.

Quel che dissi d'un libro di musica, puossi a qualunque altro oggetto applicare. L'uffizial di marina, che giudica istantaneamente, e molto bene della grandezza di una nave distante cinque o sei leghe in mare, non ha sempre avuto il colpo d'occhio nè sì pronto, nè sì sicuro; e colui, che ora vi s'inganna, dopo di avere per lungo tempo veduto male non rapportandosene che agli angoli visuali, o troppo fidandovisi, diverrà più abile a forza di riflessioni, ed acquistando delle cognizioni, che influiranno, senza ch'egli vi pensi, nell'estimazione, ch'egli farà di somiglianti obbietti.

Circa l'altra difficoltà non niego, che giudicando degli animali per quanto vediam loro fare, si direbbe ch'essi veggono alla nostra maniera, che sanno alcuna volta abbracciar un partito diverso da quello, che prender dovrebbono, consecutivamente alla grandezza, alla figura, o alla situazione, con cui ne' loro occhi gli oggetti si ritraggono; ma non so, se sia in essi forse qualche intelligenza, o facoltà memorativa capace di aggiungere, o di detrarre a quelle impressioni, per adattare a certi fini le azioni, che deono risultarne. Una gran quistione si è cotesta, in cui non mi voglio certo ingerire, come già mi sono protestato favellando dei sensi in generale.

Un giovine Inglese di 13. anni vide chiaramen-

te per la prima volta della sua vita col soccorso, e per la diligenza del Sig. Chefelden valente Cerusico di Londra, che gli tolse via delle cattaratte; ed il Sig. Smith racconta nel suo trattato dell' Optica, che questo giovine non poteva dapprincipio giudicare nè della grandezza, nè della figura degli oggetti, e che solamente dopo di un certo tempo vi pervenne. Questo prova forse, come alcuno pretese, che gli angoli optici a nulla servano nella visione? Per me duro fatica a crederlo: quanto se ne può inferire a parer mio si è, che questi angoli non determinano mica la grandezza dell' oggetto per chiunque ignora in quale distanza esso si trovi dall' occhio, come di sopra ho conchiuso. Ora noi non acquistiamo, salvo per esperienza, e per abitudine, quest' ultima nozione; per conseguenza ci vuol del tempo. Forse che il giovine allegato avrebbe, non meno di ogni altro, veduto fin dal primo momento, ed avrebbe saputo comparare varie grandezze fra di loro, se avesse avuta l' idea delle distanze, e delle lor differenze.

Se gli angoli optici nulla contribuiscono alla visione, se essi non ne sono che indifferentissime circostanze, come si è preteso stabilire, mi si dica dunque perchè qualora sono artificialmente ingranditi col mezzo di qualche vetro, o d' altra cosa, l' oggetto subito più grande si vede. Quando per la prima volta io mostro ad un fanciullo un pulce nel microscopio, ed egli non men grande lo trova d' uno scarafaggio, si può forse dire, che questa idea a lui venga dal pregiudizio dell' abitudine, dal grado di chiarezza, dalla comparazione, che ne fa cogli oggetti circonvicini, ec.? Non è egli fuor d' ogni dubbio, che quel fanciullo così vede, perchè l' immagine dell' oggetto viene

ne ampliata nel fondo dell' occhio, ovvero, ch' è lo stesso, perchè egli distingue l' oggetto sotto un angolo maggiore? Non ci dilunghiamo adunque da quello che sempre si è detto, cioè che le idee di grandezza, di situazione, di figura in noi destate dalla immagine degli oggetti, dipendono spezialmente dagli angoli visuali, e dalla posizione rispettiva dei raggi, che gli formano, e che se si danno certi casi, in cui il pregiudicio, le cognizioni precedentemente acquistate, il grado di chiarezza ec. entrino in considerazione, modifichino queste idee, e c' impedifcano di vedere gli oggetti quali dai detti angoli rappresentati ci vengono, sono eccezioni, che non deono occupare il luogo della regola generale.

Siccome gli oggetti si presentano d' ordinario a nostri occhi con tanta maggior chiarezza, quanto più vicini a noi sono, l' abitudine di vederli così ci spigne a credere, che quegli oggetti medesimi sieno molto distanti, qualora son più oscuri, e men luminosi del solito. Un autore Inglese, che ottimamente scrisse dell' Optica, pretende molto verisimilmente, che per questa ragione veggiam noi il Sole, e la Luna piena più grandi all' Orizzonte, che in qualsivoglia altro sito del Cielo; benchè per altro si sappia, che questi astri si trovano allora da noi più lontani, che nol sono nel Zenith: imperciocchè, dic' egli, siccome la loro luce è allora molto indebolita, noi per abitudine ci crediamo, che ciò venga da una maggior lontananza, e nella stessa foggia noi giudichiamo essersi essi avvicinati, qualora maggiormente sull' orizzonte alzandosi più brilanti divengono. Ora quantunque l' angolo visuale *a C b*, *Fig.* 19, sia sempre lo stesso, l' oggetto da esso abbracciato deve comparir maggiore, se più lontano il credia-

mo: ſtimo dunque per queſta ragione maggiore il diametro della Luna, quando queſta è in A, che quando ſi è alzata in B, perchè in queſt' ultimo caſo la credo a me più vicina; e ſe voglio ſeguitar l'aſtro nella ſua mezza rivoluzione, egli non mi ſembrerà aver deſcritto un ſemicircolo, di cui occupo il centro, ma un arco ſimile D Z E, per cagione delli ſuoi apparenti decreſcimenti.

Queſta ſpiegazione ſteſſa ne fa comprendere, perchè il Cielo abbia la figura d'una volta inarcata. Le ſue più oſcure parti, perciocchè egli è molto più chiaro verſo il Zenith che verſo l'orizzonte, ci ſembrano più lontane a proporzione; e di quì avvenir deve, che l'incurvatura emisferica ſi cangi iu un' altra curva apparente D Z E, la quale è molto inarcata.

Benchè volontieriſſimamente io ammetta queſte ragioni, perchè naturali mi pajono, e proprie a riſolvere quelle quiſtioni, ſopra delle quali tanto ſi è da' Fiſici diſputato, io non credo però, che rigettare ſi debba quella del Malebranche, il quale attribuiſce l'apparente grandezza della Luna orizzontale all' interponimento degli oggetti terreſtri. In fatti, la diſtanza degli oggetti ci ſembra ſempre maggiore, qualora molti altri ve ne ſono fra eſſi e noi, e qualora ſono gli ultimi di tutti quelli, che diſtinguer poſſiamo: e ciò, che prova dover queſto venire in conſiderazione ſi è, che la Luna piena, o il Sole levante eſſendo con un tubo, e conſeguentemente come un corpo iſolato, rimirato, perde molto di quell' apparente grandezza, maſſime quando ſe ne fa la prova prima d' aver veduto l' aſtro colla ſemplice viſta, perciocchè ſenza queſto potrebbe il pregiudicio trattener l' illuſione.

Convien però convenire, che la Luna piena pa-

re

re alcuna fiata molto grande al ſuo levare, ſebben l'orizzonte ſia limitatiſſimo, come quando ſi mira a traverſo i rami d'un groſſo albero, immediatamente al di ſopra di qualche edificio, dietro una montagna vicina ec. Egli è altresì vero, che quando così inopinatamente ſi vede, restiamo ſovente ſorpreſi dalla ſua grandezza prima di penſare, che poſſa eſſere un aſtro; Finalmente vi ſono certi tempi, ne' quali ſenza cangiare orizzonte, più ſorprendente ci pare queſto fenomeno. La ſpiegazione del Sig. Smith a quella del P. Malebranche congiunta non mi pare, che ſoddisfaccia a queſte oſſervazioni: che però io conchiudo, che l'effetto, di cui ſi tratta, dipende non già da una ſola, ma da più cagioni inſieme, le quali biſogna procurare di riunire per trovare una ſpiegazione compiuta. Perchè non ſi dirà col Regis, che una parte di queſti effetti viene dalle refrazioni della luce accreſciute dai vapori, che regnano in maggiore abbondanza nella parte dell' atmosfera, a traverſo di cui noi veggiamo l' aſtro, nel tempo del ſuo levare? E non poſſiamo noi penſare eziandio, come il P. Gouye, che l'aſpetto degli altri corpi accompagnando quello della Luna ce la fa ſembrar maggiore, che quando è iſolata? Queſto ſi è pure un effetto, che noi oſſerviamo riguardo agli altri oggetti, maſſimamente quando ſono o luminoſi, o molto chiari in luoghi oſcuri.

LEZIONE XVI.

Sopra la Luce.

Continuazione della Seconda Sessione.

ARTICOLO II.

Della luce riflessa, o sia dei principj della Captotrica.

DIssi già sul principio di questa Sessione, che i raggi della luce in linee rette si estendono insino a che sono in un mezzo di uniforme densità, e questa si è la legge comune a tutti li movimenti semplici, che si presumono non avere che una sola determinazione. Questi raggi medesimi sempre soggetti alle regole generali della natura sono soggetti ancora a sviarsi dalla prima lor direzione, qualora nel loro cammino ritrovano un corpo, che negando loro il passo gli costrigne a piegare, o veramente una materia più o meno per essi penetrabile di quella, in cui cominciarono a moversi, la quale dà loro occasione di inclinare all'una o all'altra parte. La prima di queste due sorti di deviazioni è quella, che *riflessione* della luce si appella, la seconda *refrazione* si chiama.

Si riflette principalmente la luce nello incontro de' corpi opachi: i più duri, i più densi, quelli che più perfettamente si possono ripulire, e che più si accostano al color bianco, vengono universalmente riconosciuti per li più proprj a quest' effetto; nè mi rimane a dir cosa alcuna sopra tale materia, che a chiunque notissima non sia. La vivezza della neve, lo splendor dei metalli sono pruove non men comuni che palpabili di que-

questa verità. Ma quello, che senza dubbio sembrerà strano a parecchi de' miei Lettori, si è, che si disputa in oggi seriamente in Fisica per sapere, se sieno veramente le parti proprie di quelle superficie, che tramandino quella luce. Dopo le ammirabili ricerche e discoperte fatte in tale materia dall' immortale Newton, molti con lui sostengono la negativa, e pretendono, che i raggi sieno rimandati, o rispinti anche prima di giungere alla superficie d' un corpo, e questo per un certo *potere*, che si definisce, e che investe per dir così le superficie, alle loro figure aggiustandosi.

L' oscurità dell' espressione, e le singolari conseguenze, che da questa nuova dottrina si deducono, la rendono sospetta alle persone più sensate, e che meno son disposte a disapprovare con parzialità ciò, che alla filosofia Newtoniana si accosta. Adunque, direbbono esse, non è l' amalgama di mercurio e di stagno applicato dietro la lastra del mio specchio quello, che veder mi fa la mia immagine? Ma pure senza di quello io non ci vedo nulla; qual luogo vi ha mai tra questa incrostatura metallica, ed il vetro, per riporvi il preteso *potere riflettente*? O se di così poco egli abbisogna, come mai si sa, che operi ad una certa distanza dalle superficie? Non è dunque nemmeno più quel metallo con tant' arte preparato, e con tanta cura ripulito, che per se stesso operi l' effetto maraviglioso del telescopio? E perchè non fa esso più veder cos' alcuna, quando è solamente appannato? Che influisce mai la pulitezza del metallo in una potenza, che non è ad esso unita, poichè opera fuori di esso? Finalmente quando io miro un qualsivoglia oggetto, io non veggo dunque esso oggetto, ma qualche cosa di straniero a lui, poichè i punti visibili, donde procedono i rag-

raggi riflessi, non sono sua propria sostanza.

Convien confessare, che sopra di ciò molte non frivole quistioni far si possono, e che non è guari possibile di far accettare questo segreto potere, cui si attribuiscono i movimenti riflessi della luce, a chiunque si farà uno scrupolo di ammettere nella Fisica alcuna causa astratta, e che non sia intelligibilmente meccanica. Ma se questa oscura parola, con cui non si volle forse esprimer altro che un fatto; e che offende tanta gente, perchè ha l' aria d' introdurre una qualità occulta; se questa parola, dico, fosse interpretata in un senso veramente fisico, anche per una plausibile congettura, egli potrebbe intervenire, che svanisse la ripugnanza, che inspira, e che a poco a poco meno strani si rendessero que' paradossi, ai quali dà luogo, e che sì ridicoli sembrano a prima vista. Con questa intenzione appunto io dirò quel ch' io penso con alcuni Fisici degli ultimi tempi intorno alla cagione immediata delle riflessioni della luce. Se potrò farmi intendere, mi lusingo, che assai chiaramente si concepirà come sia possibile che i raggi riflettansi nell' incontro di un corpo opaco, senza toccare le parti proprie della superficie di esso.

Bisogna ridursi quì alla memoria ciò, che dissi nella prima Sessione (a) parlando della natura della luce, e della sua maniera di essere. Ho stabilito con prove dall' esperienza ricavate, che quel fluido, il quale ci fa vedere gli oggetti, è sparso per l' universo universalmente, ch' egli esiste così al di dentro come al di fuori de' corpi, ch' egli riempie tutti quegli spazj, che d' altra materia occupati non sono, e che nulla vi ha nella natura, che

(a) Lezione XV. pag. .... e seg.

che non ne venga intimamente penetrato fin nelle ſue più minute moli nella ſteſſa guiſa, anzi molto ancora che una ſpugna s' imbeve dell' acqua, in cui è immerſa. Conſecutivamente a queſta prima idea, noi dobbiamo concepire, che la contiguità delle parti proprie di qualunque corpo è perpetuamente interrotta dai globetti della luce, che ne riempiono i pori; ed ogni ſuperficie può eſſere riguardata come una ſpecie di teſſitura, le cui maglie dai detti globetti ſono riempiute.

Se poi ſi pon mente alla poroſità dei corpi, così conoſciuta dai Fiſici, che la magior parte di loro vogliono, che i metalli più denſi abbiano più del vuoto, che del ripieno; ſe ſi riflette alla prodigioſa diviſibilità delle lor parti, che appena ci laſcia la libertà di conghietturare degli atomi, e ſe ſi conſidera, che la luce è un fluido, d' una ſottigliezza ineſplicabile, facilmente concepiraſſi, che le maglie della teſſitura, di cui favello, deono eſſere finiſſime, e che ciaſcuna di eſſe contenendo i globetti della luce come incaſſati e fiſſi in un caſtone, compongono tutte inſieme una ſuperficie, nella quale queſt' ultima materia ha aſſai più di parte, che non ha quella ſteſſa dei corpi, che uno ſi propone di vedere, e che gli ſerve quaſi di telajo.

Sopra queſti globetti adunque cadono principalmente i raggi: e perciocchè queſti filetti di luce altro per ſe ſteſſi non ſono, che globetti della medeſima natura aventi una medeſima direzione, ed animati da un moto di vibrazione, io comprendo, che le parti, ſopra le quali operano, avendo un grado d' elaſticità ſimile a quel che hanno eſſi, gli ripercuotono, gli riſpingono meglio di quel che potrebbe mai fare la materia propria della ſuper-

perficie, a cui esse appartengono: perciocchè quando si supponesse, essere questa altresì elastica, non sarebbe certo verisimile ch'essa lo fosse a segno di agitarsi, di tremare colla stessa frequenza, e di rendere in una parola vibrazione per vibrazione: il che sembra però indispensabilmente necessario per conservare ai raggi riflessi il moto, o l'azione dei raggi incidenti, nel sistema almeno di coloro, coi quali io porto opinione, che la propagazion della luce per un movimento di pressione si faccia.

Una sola superficie, o piuttosto un incrostatura infinitamante sottile, concepita nel modo da me ora esposto, non rifletterebbe certamente; perciocchè i globetti della luce, come tanti diamanti incassati a luce, trasmetterebbono tutta l'azione, che avrebbono ricevuta, ad altre file di globetti, che dietro infallibilmente si troverebbero, posciachè ogni spazio n'è pieno. L'effetto stesso avverrebbe ancora, se i raggi cadessero sopra un corpo composto di suoli omogenei, che maglia per maglia si corrispondessero, o quel ch'è poi lo stesso, che avessero i pori ordinati in rette linee; e tale si è la idea, che bisogna formarsi dei corpi diafani, o trasparenti.

La luce non è dunque riflessa, salvo allora quando ella cade sopra globetti della sua spezie, ordinati, e fissi in una superficie, in guisa che l'azione loro comunicata non possa passar più oltre, nè essere estinta da qualche particolare cagione proveniente dalla natura, o dallo stato attuale del corpo, che li contiene; e siccome in ciò non ha mai luogo nè il tutto, nè il nulla, così può dirsi non esservi superficie veruna, la quale perfettamente rifletta tutta la luce, che riceve, come non ve n'ha alcuna, da cui alcun poco non ne possa ritornare.

Se

Se in tal guisa s' intende la cagione del movimento riflesso della luce, quel potere riflessivo, che alle superficie come un ente da esse distinto si attribuisce, cessa d' essere un mistero: egli è la luce estinta e fissa nell' imboccatura de' pori, che si anima per l' azione stessa de' raggi, che la toccano, e la di cui reazione si dà a divedere, quando il moto da lei ricevuto più oltre passar non può. E non è forse questo più che probabile, poscaicchè veggiamo un gran numero di corpi, che continuano a risplendere nell' oscurità, dopo d' essere stati esposti alla luce del giorno, come parlando de' fosfori ho riferito? E se l' esperienza ci muove a credere che in certi casi la luce si riflette prima, anzi senza che le superficie de' corpi ne sieno state tocche, questo fenomeno potrà ben anco spiegarsi senz' avere ad alcuna qualità astratta ricorso. E perchè non si potrà pensare, che i globetti fissi nella superficie di un corpo servano quasi di punti di appoggio a quelli, che fuori di essa superficie gli precedono, e che questi premuti dai raggi, che sopra vi cadono, reagiscano sopra di essi in maniera, che tutt' i punti di riflessione si truovino in una piccola distanza dal corpo, sopra di cui diretti sono que' raggi?

Confesso, che abbracciando questa opinione conviene poi necessariamente rinunziare alle più comuni idee, e contro a molti pregiudizj accreditatissimi, ed a vincere difficilissimi irrigidirsi. Chi si persuaderà, per esempio, che i corpi non sono visibili per loro medesimi, ma solo per i punti di luce, onde sono sparse le loro superficie? Che propropriamente parlando noi non abbiamo mai veduto nulla di quanto abbiamo toccato? Pure come altrimente pensare, se nulla possiam vedere, se non quello, che ci tramanda della luce, e se i rag-

i raggi, che ci ritraggono le immagini degli oggetti, non possono essere respinti verso i nostri occhi, se non se per i globettti di quella materia impalpabile, che si ritrova nella medesima superficie con le parti proprie dei corpi? Serviamoci di alcune comparazioni per addolcire alquanto la durezza di tali conseguenze, e per disporre in favor loro gli spiriti.

Quando voi gettate lo sguardo sopra un pezzo di panno di scarlato, non v'immaginate forse a prima giunta di vedere una tessitura di lana, e non vi sdegnereste forse con chiunque volesse persuadervi, che voi tutt'altro vedete che quello vi credete vedere? E pure, se ben riflettete, e con ordine ragionate, sarete costretto di confessare che non vedrete, se non una mano di cocciniglia aderente alla materia propria della stoffa, e delle particelle coloranti ne' pori della lana incrostate; in somma una sostanza estranea all'oggetto, che avete nel pensiero, e che non vi lascia di sè vedere se non la grandezza, la situazione, la figura, ma non mai la materia sua propria.

Qualora mirate un pezzo di carta bagnata, e che vi pare più bigio di quel ch'egli è quando è asciutto, voi certamente non ignorate, la cagione di un tal cangiamento esser l'acqua, ond'è imbevuto; ma potreste voi forse colla punta di un finissimo ago toccare una parte della superficie, che a quest'effetto non participasse? Anzi potreste voi forse col miglior microscopio distinguere i luoghi, ne' quali l'acqua si è introdotta dalle parti solide, che non han potuto esserne penetrate?

Voi avete adunque dei casi (e parecchi, anzi infiniti altri ne potrei citare), nei quali i corpi visibili non sono per la loro propria materia, ma

solo

solo per una sostanza estranea, che ne' loro pori si è introdotta. Se l'arte può produrre questi effetti colle tinture, o co' liquori, che dalla sottigliezza della luce di gran lunga si allontanano, perchè non penserete voi, che tutti i corpi naturalmente imbevuti di quel fluido, in cui si formarono, ed in cui stanno di continuo immersi, ne abbiano sempre nelle loro superficie una quantità eguale a quella de' loro pori, che si sa pure essere prodigiosa, e che questa sia non solamente la principale, ma la vera, ed unica cagione della loro apparenza, o visibilità?

Prevenga la vostra risposta. Voi mi direte, che la luce presa in se stessa non è un oggetto, quando le particelle coloranti, o quelle d'un liquore, sono piccioli corpicciuoli, e qualora queste materie estranee, o accidentali si offrono immediatamente alla mia vista, nascondendomi quello, ch'io cerco di vedere, o ch'io credo di vedere, questa spezie di maschera è almeno un Ente reale, e distintissimo dalla luce, che me ne ritrae l'immagine.

Per gli esempli allegati altro non ho preteso di fare intendere, se non che i pori d'una superficie sempre più numerosi assai, che le sue parti solide, possono essere ripieni d'una estranea sustanza, a cui si dovrebbe senza difficoltà veruna attribuire la riflessione de' raggi, che detta superficie renderebbono visibili; e credo di aver bastevolmente adempito alla mia intenzione. Quanto alla natura delle particelle coloranti, o per la presenza delle quali intervengono riflessioni di luce diverse da quello, che erano innanzi, io confesso, ch'esse sono picciolі corpicciuoli, che non rassomigliano punto a quelle porzioncelle di luce, che supponiamo fisse nell'imboccatura de' pori: ardisco però asserire, ed

altro-

altrove lo proverò, che la cocciniglia ne' pori della lana incrostata non è già quella, che veder faccia il panno rosso, ma n'è solamente la causa occasionale; e senza una luce, ch'è di lei propria, e di cui è imbevuta come una spugna nè essa, nè la lana, che copre, non avrebbe quel bel colore, che agli occhi nostri si dimostra. L'acqua, che altera la bianchezza della carta, facendola comparire più bigia, non è altresì la causa immediata di tal mutazione, il vedere io la carta meno bianca del solito non proviene già dal distinguere io delle particelle d'acqua alle parti proprie della carta mescolate; questo interviene piuttosto, perchè una parte della luce, che cade sul foglio, ritrovando pieni d'una trasparente materia i pori, si assorbisce nella sua spessezza, e passa al di là; quindi tanto meno ne ritorna indietro per riflessione: ora un corpo sembra più oscuro, qualora meno raggi riflette.

Non niego, che difficilmente si comprenderebbe, come la luce possa essere per se stessa un oggetto visibile, se si facesse astrazione dalle circostanze. Quelle picciole porzioni di luce, che all'imboccatura de' pori risplendono, sono a guisa d'altrettanti specchj, che ci fanno vedere le superficie con rispignere verso di noi quel chiarore, che gli illumina: ma non bisogna dimenticare, però, che questi specchj sono circolscritti secondo la figura, grandezza, e situazione de' luoghi, che occupauo: quindi è che per questo solo i loro effetti deono variare, come la porosità de' corpi, cioè all'infinito. Se aggiungerete ancora le differenze, che possono procedere dallo stato attuale delle superficie, più regolari, e più liscie le une delle altre, facilmente comprenderete, perchè non rilucano esse egualmente, benchè visibili per una stessa cagione.

Mi

Mi ſi potrebbe opporre ancora, che giuſta i miei principj, i corpi più poroſi dovrebbono più di tutti gli altri rilucere; il che è viſibilmente contrario all' eſperienza, poſciachè quaſi generalmente ſon quelli, che più ſono oſcuri.

Ma un corpo non riflette già ſolamente la ſua luce, perchè ſia poroſo: eſſo principalmente la riflette, perciocchè i ſuoi pori ſono ripieni di porzioni di luce incapaci di traſmettere nella ſpeſſezza del corpo, o al di là di queſta, il moto in eſſe impreſſo dai raggi incidenti. Se queſti vuoti ſono talmente aperti, che ammettano non ſolamente la materia della luce, ma qualche altro fluido altresì, come l' aria dell' atmosfera, ſe ſono talmente ordinati, che i globetti, che vi ſi trovano, abbiano la libertà di far paſſare ad altri l' azione, che hanno ricevuta, queſta maggiore poroſità in vece di ajutare a rendere più luminoſa la ſuperficie, produrrà un effetto contrario: e queſto di più diffuſa ſpiegazione non abbiſogna.

Se ora mi ſi chiede, perchè la maggior parte delle ſuperficie riflettendo verſo di noi la luce, non fanno naſcere ne' noſtri occhi, che la propria loro immagine, mentre altre, che perciò ſi chiamano *ſpecchj*, vi fanno pervenire quella degli oggetti loro preſentati ſotto d'un certo aſpetto; io riſponderò, che le ultime più regolari, più liſcie, più ripulite, e più riſplendenti delle altre reſpingono un numero maggiore di raggi, e loro conſervano delle direzioni, che hanno dei rapporti miſurati e coſtanti coi raggi incidenti, che loro venuti ſono dall' oggetto. Io non iſtarò preſentemente ad eſtendere, e dilucidar maggiormente queſta riſpoſta, perciocchè ella è il principale oggetto di quell' articolo, in cui dobbiam trattare degli effetti della luce rifleſſa, ſupponendo però ſempre,

che le superficie riflettenti sieno regolari, e perfettamente liscie e pulite.

Quando la luce va a colpire un corpo opaco, solido, o fluido, si può dire, ch'ella si divide in tre parti, una delle quali regolarmente la riflette, pigliando dopo di avere toccata la superficie riflettente una direzione, che ha un costante rapporto con quella, ch'essa aveva prima; un'altra parte si riflette irregolarmente sparpagliandosi da ogni lato; per cagione delle disugualianze, che necessariamente si truovano nella superficie, che la respinge (non essendovene veruna perfettamente liscia); finalmente una terza porzione si estingue nel contatto, sia che le parti proprie del corpo da lei toccate non sieno capaci di renderle, o di lasciarle ripigliare la forza, ch'essa perde nello urtarle, sia che la sua azione penetri ne' pori, e vi si annienti.

Secondochè queste tre parti di luce rimangono l'una all'altra superiori per le loro quantità, le superficie, sulle quali cadono i raggi, prendono differenti nomi, e diversi effetti producono riguardo alla visione. Noi chiamiamo *opache*, o veramente *oscure* quelle, che molta luce assorbiscono, e poca ne riflettono; *chiare*, o *risplendenti* quelle, che ne riflettono d'ogni banda, ed in gran copia; e diamo il nome di *specchj* a quelle, dalle quali la maggior parte dei raggi ritornano con un cert'ordine. Queste appena si fanno distinguere; ma distintamente ci rappresentano gli oggetti, che le rischiarano: quelle della seconda spezie sono visibilissime, e non fanno vedere, che se stesse: le altre non fanno veder più degli specchj, ma non hanno, come questi la prerogativa di rappresentare gli oggetti illuminati, che loro si oppongono.

Trat-

Trattandosi quì di effetti costanti, ben si vede che questa porzione di luce si è quella con cui abbiamo a fare, essendo la sola, che sia soggetta a movimenti, che preveder si possano, e sopra de' quali sia possibile di fondare una teoria. Noi dunque supponiamo, che le superficie riflettenti sieno perfetti specchj; o per dir meglio, noi facciamo astrazione dalla luce dispersa per le loro irregolarità, o estinta per qualche altro difetto proveniente dalla lor parte.

Un raggio di luce cader non può sulla superficie d' uno specchio, salvo in due maniere; o perpendicolarmente, come *f e*, *Fig.* 1. in riguardo alla linea *a b*; ovvero obliquamente, come per esempio *d c*. L' esperienza ci deve apprendere quello, che ha da succedere nell' un caso e nell' altro; noi non possiamo indovinarlo; perchè non conoscendo *a priori* il grado d' elasticità non appartenente nè al raggio, che urta, nè alla superficie urtata, non potremmo esattamente prevedere in qual modo sia per farsi la riflessione.

PRIMA ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

La *Fig.* 2. rappresenta un cerchio di materia solida avente 26 pollici di diametro. Egli è verticalmente elevato sù d'un piede, che si alza, e si abbassa secondo il bisogno: egli si aggira sopra il suo centro, ma in guisa che resta da se stesso in tutte le situazioni, che gli si fanno prendere. La circonferenza in quattro quarti è divisa, e ciascun quarto in 90. gradi cominciando da due punti diametralmente opposti. Questa circonferenza graduata sta elevata da quattro piccioli piedi, tre linee in circa al di sopra del piano del cerchio, e porta due cursori, all' uno de' quali sta attaccata una piastra di rame A di quattro pol-

lici in quadratura, perpendicolare al pian del cerchio, e bucata nel mezzo con un buco rotondo di due pollici di diametro, con una scatola per ricevere o dei vetri di diverse spezie, o dei diaframmi forati in varie maniere. L' altro cursore porta un telajo largo tre pollici, e lungo intorno a sei, guernito d' una carta inzuppata nell' oglio, e curvato secondo la circonferenza del gran cerchio, alle divisioni della quale corrispondono delle linee segnate sopra la larghezza della carta trasparente. C, D sono due colonette scavate, e perpendicolarmente elevate sul piano del cerchio, per ricevere successivamente tre specchj di metallo lunghi 9. pollici, e larghi due, uno de' quali è piano, e gli altri due curvi, secondo la loro lunghezza, come per adattarsi alla circonferenza d' un cerchio di due piedi di diametro: di questi due specchj l' uno ha la superficie concava pulita, l' altro la superficie convessa; e quando l' uno dei tre è nel suo sito, la linea *e f* segnata sul cerchio cade perpendicolarmente nella metà della sua lunghezza.

Questa macchina così preparata, e guernita dello specchio piano si colloca in una camera chiusa d' ogni parte, ed in cui non entri altra luce, che un raggio del Sole grosso come il dito, che si fa passare sul mezzodì, o in qualche altra ora non troppo dal mezzodì lontana, per un buco praticato nel legno della finestra. Si deve mettere il cerchio in modo, che il raggio radendone la superficie cada obliquamente nel mezzo dello specchio, e dirimpetto alla linea *e f*; indi si fa girare il cursore colla piastra A infinattantochè ricevendo il raggio totale ella ne trasmette una parte pel buco d' un diafragma di sottil rame, di cui guernita esser deve per quest' Esperienza.

Ef-

EFFETTI.

1. Il raggio Solare, che passa così in fino allo specchio, riflette nella parte opposta dello stesso piano, e forma sul telajo trasparente una immagine luminosa e rotonda, come il buco per cui è passato nella piastra A; e se si osserva a qual grado corrisponde il centro di questa immagine sopra la circonferenza del gran cerchio, si trova ch' esso è tanto lontano dal punto *e*, quanto lo è nella parte opposta il centro del buco, per cui fu ricevuto.

2. Se si fa girar il cerchio, e scorrere la piastra A in guisa che il raggio cada meno obliquamente sopra lo specchio, si trova che l' immagine formata dal raggio riflesso sul telajo trasparente si avvicina al punto E nella medesima proporzione.

3. Se il cerchio è talmente girato, che il raggio incidente siegua la linea *e f* per andare allo specchio, allora più non si distingue il raggio riflesso; esso si respinge da sopra lo specchio per la linea stessa, che segue nel cadere.

Questi tre risultamenti si possono abbracciare in questa generale proposizione: *Che la luce, qualora è riflessa, fa sempre l' angolo della sua riflessione uguale a quello della sua incidenza.*

SPIEGAZIONE.

Il moto riflesso, come s' è veduto nella IV. Lezione, proviene dal ristabilirsi le parti del mobile, o quelle della superficie, su di cui cade, dopo di essere state compresse; perciocchè dette parti, come tanti piccioli ordigni, nel rimettersi nello stato loro primiero, rispingono innanzi ad esse i corpi, che le avevano piegate. Così il moto, da cui un raggio di luce è animato ritorna sopra di se, quando la sua direzione è come *f c*, *Fig. 1.* perpendicolare alla superficie dello specchio,

Nel caso dell' incidenza obliqua si può considerare la luce, o l' azione di essa, come da due moti trasportata, l' uno de' quali la fa discendere dalla quantità *d g*, mentre l' altro la fa avanzare ad una distanza eguale a *d P*: lo scontro dello specchio non cangia nulla di quest' ultimo moto, la cui direzione è parallela alla superficie *a b*: Così la luce deve continuare ad avanzarsi della quantità *c b* in altrettanto poco tempo, quanto ne ha impiegato a percorrere una distanza a *d P* uguale. Ma l' altro moto, che l' ha fatta discendere dell' altezza *d g*, totalmente si annienta per l' ostacolo dello specchio, che le è direttamente opposto, e ne rinasce un altro in una direzione contraria, per la reazione delle parti compresse. Or di questo nuovo moto tendente verso *P*, e di quel che sussiste colla direziene *c b*, se ne compone uno, per cui il raggio necessariamente s' inchina alla parte *a c* dello specchio; e questa inclinazione *c e* dev' essere uguale a *d c*, se pel giuoco delle parti che si ristabiliscono dopo l' urto, il raggio riceve tanto di prestezza per risalire, quanto ne aveva per discendere, allora quando sullo specchio è caduto.

Giacchè il fatto ci dimostra, che l' angolo *e c b* è uguale a *d c b*, e che questa uguaglianza ha luogo in tutte le incidenze possibili, noi dobbiam dunque conchiudere, che il giuoco delle parti poducente la riflessione è perfetto, cioè ch' esse ristabilisconsi compiutamente, ed in non maggior tempo di quello, che fu necessario per comprimerle; perchè senza di ciò il raggio riflesso avanzandosi alla distanza *c b* non perverrebbe giammai tant' alto, come il punto *e*; locchè renderebbe l' angolo di riflessione minore dell' angolo d' incidenza. Consecutivamente l' esperienza mostrandoci quest' uguaglian-

glianza degli angoli, ne insegna che le parti della luce hanno una elasticità perfetta, ovvero che se qualche cosa vi manca, questa distinguere non si può sopra raggi riflessi d'una lunghezza assai grande; perciocchè l'esperienza, di cui parliamo, si può fare molto più in grande, e sempre col medesimo successo. Non possiamo adunque questo perfettissimo giuoco agli specchj attribuire, poichè se ne fa con ogni sorte di materie, purchè sieno suscettibili di qualche pulitura: è forse cosa naturale il pensare, che tutti li corpi che riflettono la luce composti sieno di parti perfettamente elastiche?

Quest' ultimo riflesso non è altresì di picciol peso per indurne a credere, che le parti proprie delle superficie quelle non sieno, che riflettono la luce; perciocchè se esse non sono nè assolutamente inflessibili, nè perfettamente elastiche, come mai non estinguono l' azione della luce incidente? E se quest'azione nell'urto s' indebolisce, perchè mai si ritrova nel raggio riflesso una velocità uguale a quella, ch'è perita contro lo specchio? Egli è vero, che la luce respinta da una superficie pulita quanto si voglia non è giammai così forte, come quella che dal corpo luminoso viene direttamente; ma questo calo non viene già dal moto de' raggi, ma bensì dalla diminuzione del loro numero, parecchi di loro essendo stati o assorbiti, o sviati, come ho fatto intender di sopra.

La legge generale, che ho colla precedente esperienza stabilita; cioè: *che la luce fa sempre l' angolo della sua riflessione uguale a quello della sua incidenza*, si è il fondamento di tutta la Catoptrica: le altre non ne sono che applicazioni; e chiun-

chiunque ſapeſſe ben ſervirſi di queſto principio (*a*) ſarebbe in iſtato di prevedere tutti gli effetti degli ſpecchj, di qualunque figura ſi ſupponeſſero eſſi, e di renderne ragione; ma per facilitar queſto fluido a coloro, che ſupponiamo non eſſere ſufficientemente iſtruiti, eſporremo i caſi più generali, e procureremo di far intendere, come da queſta regola naſcano certi fatti capitali, a cui ſi poſſono riferire tutti li fenomeni che dipendono dalla luce rifleſſa.

O ſia che la luce rifleſſa ne ritragga l'immagine di un oggetto, o ſia ch'eſſa produca del calore, non opera però mai con un ſolo raggio queſti effetti; ma varj di queſti vi ſono, che inſieme agiſcono, e perchè la rifleſſione di ciaſcuno di eſſi dalla ſua particolare incidenza dipende, conviene primamente conſiderare in qual ordine queſti raggi pervengano alla ſuperficie riflettente. Eſſi poſſono eſſere divergenti, paralleli, o convergenti, e perciò ſolo può l'incidenza eſſere più o meno obliqua per gli uni, che per gli altri.

In-

(*a*) Un geometra, il quale ſappia per eſperienza 1. che la luce ſi muova ſempre in linea retta in un mezzo omogeneo; 2. che nell' incontro degli ſpecchj fa l'angolo della ſua rifleſſione uguale a quello della ſua incidenza, può far di meno dei mezzi, ch' io ſono per uſare a fine di ſpiegare i principali principj della Captoptrica; tutti que' caſi, che io riferirò ed eſaminerò, ſono altrettanti problemi, la riſoluzione de' quali ſarà per eſſo lui più facile, più ſicura, più preciſa, e più ampia di quanto ſi può aſpettare dalle Eſperienze, le quali ſi riſentono ſempre della imperfezione, o dell' imbarazzo delle macchine. Io non offro adunque queſta parte della mia opera, ſe non a que' Lettori, che non poſſono diſpenſarſi di pruove ſenſibili, o che avranno la curioſità d'imparare fin a quel ſegno può l' eſperienza ſervire a confermare la teoria.

In secondo luogo si deve aver riguardo alla figura dello specchio, se piano sia, o curvo, se concavo, o convesso; perciocchè i raggi cadendo sopra diversi punti delle superficie, e questi punti piani più o meno inclinati gli uni degli altri ai raggi incidenti, egli si comprende facilmente che la riflessione di questi deve ugualmente variare: locchè può apportare una gran mutazione nelle loro rispettive posizioni.

PRIMO CASO.

Se da uno specchio piano sono nella loro incidenza riflessi raggi paralleli.

II. ESPERIENZA.

Preparazione.

L'apparecchio di quest' Esperienza non è diverso da quel della prima, se non che invece d'un raggio solare se ne fanno passar due pel diafragma della piastra A, il quale a quest' effetto ha due buchi rotondi di 3. linee di diametro, i cui centri sono distanti 10. gradi l'un dall'altro.

Effetti.

Con qualunque grado d'inclinazione che questi due raggi paralleli sieno ricevuti sullo specchio C D, costantemente si osserva, che dopo la riflessione rimangono tra loro sensibilmente paralleli, perciocchè i due cerchj luminosi, che imprimono sulla carta del telajo B, misurando la distanza dei centri, sono tanto lontani l'un dall'altro, quanto lo sono i buchi del diafragma, che si trova in A.

Spiegazione.

Posciacchè lo specchio è piano, i due luoghi *a* e *b*, *Fig. 3.*, che ricevono i raggi incidenti *a c* *b d*, sono in una linea retta; quando i raggi paral-

ralleli ſono tra loro, gli angoli *c a e*; *d b f*, che fanno colla parte dello ſpecchio, a cui ſono inclinati, ſono eguali; e poſciachè la luce fa ſempre il ſuo angolo di rifleſſione uguale a quello della ſua incidenza, l'altra parte *a g* dello ſpecchio eſſendo una continuazione della retta linea *f a*, i due angoli *i b h*, *g a k*, divengono altresì eguali, e quindi neceſſariamente ne ſegue il parallelismo dei due raggi rifleſſi *a k*, *b h*.

I due raggi ſolari da me in queſta Eſperienza propoſti come paralleli, non lo ſono però, che preſſo a poco, e perchè non ſe conſidera, che una lunghezza di due piedi. Eſattamente parlando, convien confeſſare; che ſono divergenti, e che i due centri delle immagini luminoſe, ſopra la carta del telajo B ſono alquanto più l' un dall' altro diſtanti, che quelli dei buchi del diafragma in A.

Egli è neceſſario, che ciò ſia ben inteſo, e però conviene avvertire, che il faſtello di raggi ſolari che paſſa per un buco della fineſtra nella camera, non viene già da un ſolo punto raggiante, ma da tutt' i punti della ſuperficie dell' aſtro, ai quali ſta eſpoſto detto buco. Ora nella precedente Lezione ſi è per noi veduto, che i getti di luce, i quali vengono da varie parti ad unirſi in uno ſteſſo paſſaggio, vi ſi attraverſano, e formano fra di loro degli angoli oppoſti per le loro punte, e che per conſeguenza ſono uguali. Il diametro del Sole ſottotende un arco di 32. minuti, cioè a dire che ſe ſi concepiſce come un gran cerchio la rivoluzione apparente del Sole in 24. ore, il ſuo diſco ne copre colla ſua larghezza un poco più d' un mezzo grado, donde avviene, che i raggi, che partono dai punti diametralmente oppoſti de' ſuoi orli, e che vengono ad in-

incrocicchiarsi nel buco della finestra, deono terminare nella camera oscura non già un cilindro, ma una piramide luminosa, la cui base occupa 32. minuti di una circonferenza di circolo, che avrebbe il suo centro nel buco, in cui s' incrocicchiano entrando i raggi.

Quantunque i raggi solari nella nostra Esperienza adoperati non abbiano rigorosamente il parallelismo, che in essi supponiamo, l' effetto che noi veggiamo ci dà sempre più motivo di credere, che i raggi paralleli nella loro incidenza proseguono ad esserlo costantemente, quando riflessi vengono da uno specchio piano, perciocchè questo dipende dall' uguaglianza degli angoli di riflessione e d' incidenza precedentemente provata, e dalla natura dello specchio, e non da un parallelismo più o meno perfetto, come si può vedere per la spiegazione da noi fatta del fatto.

SECONDO CASO.

Se da uno specchio piano raggi divergenti sono nella loro incidenza riflessi.

III. ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Anche quì la stessa macchina si adopera, *Fig.* 2. aggiugnendo sul diafragma in A un vetro concavo, che ha la proprietà di rendere divergente la luce, come altrove si spiegherà. Si toglie via lo specchio dal suo sito per veder prima sopra il telajo trasparente, che si abbassa nel quarto di circolo E, di quanto sieno divergenti i due raggi; dopo di che si torna a rialzare il telajo, e si ripone a luogo lo specchio.

EFFETTI.

Vedesi per la distanza, o sia per l' allontanamen-

men-

mento delle due immagini luminose, sopra il telajo B, che i raggi riflessi hanno lo stesso grado di divergenza, che avevano prima di toccare lo specchio.

TERZO CASO.

Se nella loro incidenza raggi convergenti sono riflessi da uno specchio piano.

IV. ESPERIENZA.

PRÆPARAZIONE.

Si procede nella stessa guisa, che nella precedente Sperienza, ma invece del vetro concavo in A si adopera un vetro convesso, che raccoglie insieme i raggi solari a 24. pollici di distanza.

EFFETTI.

Tolto che si è lo specchio, i due raggi convergono sopra il telajo trasparente, che si è abbassato; e quando si è rimesso a luogo lo specchio, e si è fatto risalire il telajo, i raggi riflessi medesimamente si raccolgono, e forman un solo punto luminoso, come prima; il che pruova eguaglianza di convergenza sì prima, che dopo la riflessione.

SPIEGAZIONE.

Se bene si è compreso quanto si disse per ispiegare gli effetti della seconda Esperienza, non si troverà difficoltà a conoscere, perchè la riflessione, che si fa sopra uno specchio piano, non cangia nulla nella divergenza, nè nella convergenza de' raggi incidenti: conciossiacchè se in simil caso i due angoli di riflessione, uguali sempre a quelli d'incidenza, conservano necessariamente il parallelismo ai raggi, che cadono sullo specchio con inclinazioni somiglianti, quando questi paralleli non sono, ella è una necessità, che la loro rifles-

rifleſſione regolata ſopra la loro incidenza gli rappreſenti colla divergenza, o colla convergenza, che loro danno i differenti gradi d' inclinazione, con cui vengono a ferire lo ſpecchio. Si gettino ſolamente gli occhi ſulle Figure quarta, e quinta, e ſi vedrà che *i b h*, e *g a k* eſſendo eguali a *d b f*, e *c a e*, i raggi rifleſſi alla diſtanza F ſi riuniſcono, o ſi ſeparano colla ſteſſa quantità, con cui i raggi diretti lo ſarebbero ſtati in E, ſenza l' interpoſizione dello ſpecchio.

Convien oſſervare 1. Che nella terza Eſperienza non ſolamente i cerchj luminoſi comparvero più lontani l' un dall' altro ſulla carta del telajo B, che non l' erano i raggi nell' uſcire dai buchi del diaframma A; ma ancora che ciaſcun d' eſſi è divenuto più grande, che nella ſeconda Eſperienza. 2. Che quando i raggi furono reſi convergenti nella quarta Eſperienza, tutti e due inſieme non formano più, che un punto luminoſo, nel ſito della loro riunione, invece d' un circolo di 3. o 4. linee uguale al buco della piaſtra A.

Tutto ciò avviene perchè i vetri concavi e conveſſi, che ſi uſano per far divergere, e convergere i due getti cilindrici, producono i medeſimi effetti ſopra i filetti di luce, onde ciaſcun d' eſſi è compoſto. Avrei dunque potuto adoperare in queſt' eſperienza, ed in quelle che ſeguono, un getto ſolo di luce, poichè comparando il cerchio luminoſo dal raggio rifleſſo ſopra il telajo traſparente, con quello che ſarebbe ſtato prodotto dal raggio diretto, o col buco della piaſtra in A, noi avremmo altresì appreſi gli effetti degli ſpecchj, riguardo alla direzione riſpettiva delle parti della luce: ma volli piuttoſto adoperarne due per rendere più ſenſibile, più ſemplice,

ce, e più facile ad esprimere con figure la teoria. Si tenga solo a mente, che i due raggi, che noi facciam comparire nelle nostre esperienze, facendo astrazione dalla particolare lor forma, possono sempre rappresentare dei cilindri, delle piramidi, o dei coni di luce tagliati secondo la lunghezza del loro asse.

APPLICAZIONI.

La superficie di un' acqua limpida e trasparente è stata senza dubbio il primo modello degli specchj; ma può dirsi, che l' arte imitando la natura l' ha di gran lunga superata in questa parte. Perciocchè oltrechè le piastre di metallo ripulite, dalle quali si principiò, ed i cristalli stagnati che loro poscia si sostituirono, in più viva maniera rappresentano gli oggetti: queste mirabili invenzioni hanno ancora su que' fluidi specchj il vantaggio di avere ne' nostri appartamenti sì per l' ornamento, che per l' utilità, trasportati degli effetti, de' quali poco uso si sarebbe fatto, e che si presentavano per lo più ad occhi, li quali non ne conoscevano tutto il pregio. Anche il più severo Filosofo si allegra in oggi, se entrato nella Casa d' un uomo dovizioso, ed attorniato da cristalli riccamente incastrati, e saviamente disposti, rimira in ogni parte il proprio ritratto, ed i proprj movimenti, e vede della gente, delle case, e dei giardini immensi al di là d' un muro, dietro cui sa di certo non ritrovarsi alcuna simil cosa, dei punti di vista ridotti, per così dire, malgrado loro a più convenevoli direzioni, ed assaissime altre. Egli vi entrò maledicendo il lusso, e n' esce ammirando ciò, che si è saputo fare per soddisfarlo.

Gli antichi specchj erano formati non d' acciaIn

ciajo, come credono molti, ma di rame allegato collo ſtagno, coll'arſenico, o coll'antimonio, per eſſere del color dell'argento: ma oltre al diventare d'un peſo troppo ſcomodo, d'un prezzo aſſai conſiderabile, e difficile a lavorarvi in grande, queſto metallo compoſto aveva altresì l'inconveniente di offuſcarſi in brieve, il che lo rendeva brutto a vedere, ed incapace di riflettere la luce ſufficientemente per rappreſentare gli oggetti. Dopo l'invenzione de' criſtalli, più non ſi fanno di queſti ſpecchj, ſalvo in picciolo, e nel caſo in cui troppo difficil ſarebbe il coſtruirne col vetro.

I criſtalli di dietro incroſtati di un' amalgama di ſtagno, e d'argento vivo ſono più leggieri, coſtano meno, ed hanno un liſcio più durevole, che il ſuddetto metallo: hanno però un difetto, per cui non ſi poſſono adoperare negli ſtromenti di Catoptrica, ne' quali fu di meſtieri d'una grande preciſione; ed è che quaſi ſempre offrono due immagini dell'oggetto, l'una colla ſuperficie anteriore, l'altra collo ſtagno che cuopre quella di dietro, con queſto divario però, che l'ultima è aſſai più forte; e queſt'effetto è tanto più chiaro, quanto più ſpeſſo è il criſtallo, come facilmente ſi può giudicare dando un' occhiata alla *Fig. 6.*, in cui *a b* rappreſenta la prima, e *c d* l'altra ſuperficie d'un criſtallo collo ſtagno; perchè ſi vede, che ſe due raggi, che partono da uno ſteſſo punto dell'oggetto, ſono rifleſſi, l'uno dalla ſuperficie *a b*, l'altro da *c d*, il primo porterà l'immagine del punto luminoſo in *e*, l'altro la farà vedere in *f*.

Non ſi può adoperare un ſolo ſpecchio piano, per grande ch'egli ſi ſia, per raccogliere i raggi Solari, nè aumentare così il grado di calore, ch'

essi producono: perciocchè una tale riflessione nulla variando del lor parallelismo naturale, non se ne deve attendere un effetto, che solo dalla loro convergenza produr si potrebbe: più efficace sarebbe la luce diretta del Sole; non essendo mai lo specchio bastantemente perfetto per riflettere regolarmente tutti que' raggi, che vi cadono sopra.

La luce delle candele fa d'ordinario maggior effetto ne' luoghi, dove più cristalli si trovano, perciocchè indipendentemente da quelle fiammelle, le immagini delle quali si moltiplicano, i cristalli puliti maggior luce riflettono, che non fanno le pitture delle volte, o gli arredi, che cuoprono le muraglie.

Quando guardiamo direttamente un oggetto, non veggiamo quell'oggetto medesimo; e se è vicino a noi, lo veggiamo quasi sempre qual'egli è; ma in uno specchio non ne veggiamo altro che l'immagine. Questa spezie di fantasma, in vece di comparire applicata alla superficie riflettente, che lo fa nascere, vedesi sempre più in là ad una maggiore o minore distanza, secondo quella, che è tra l'oggetto, e lo specchio: la sua grandezza, la sua situazione, e figura non sempre corrispondono a quelle del corpo, che rappresenta. Investighiamo ora le ragioni di tutti questi effetti, e per farci meglio intendere serviamoci di semplicissime ipotesi.

La linea retta *a b*, *Fig. 7.*, rappresenti la superficie d'uno specchio piano. Siavi un punto luminoso *c*, un raggio del quale *c d* vada a ferire lo specchio, e si rifletta, come *d e*. L'oggetto veduto per quest' ultimo tratto di luce non sarà giudicato in *c*, dove è; ma nella linea *e f* (rimanendo indeterminata la distanza), perchè, co-

me

me precedentemente disegnato abbiamo (*a*), si vede sempre nella direzione di que' raggi, ch' entrano nell'occhio: ora nel presente caso l'occhio riceve il raggio *d e*, che fa parte della linea *e f*.

Quanto alla distanza conviene avvertire, che noi non veggiammo giammai con un semplie raggio: da ciascuno dei punti visibili viene a noi una piramide di luce, della quale la pupilla dell' occhio misura la base; *c d*, *d e*, *Fig.* 7., non è dunque propriamente parlando, che l'asse della piramide, parte incidente, parte riflessa, rappresentata dalla *Fig.* 8. Convien dunque risovvenirsi, che quando gli oggetti sono a noi vicini, noi determiniamo la distanza de' punti visibili col grado di divergenza de' raggi; che formano le piramidi luminose; cioè che ciascuno dei detti punti ci sembra essere nel luogo, in cui anderebbero i raggi a riunirsi, o ad incrocicchiarsi, se partissero dall' occhio nello stess' ordine, con cui vi si sono presentati: deve adunque il punto *c* essere veduto in *g*, sebbene la riunione de' raggi sia meramente immaginaria.

Ma dimostrandoci l'Esperienza, che la riflessione per uno specchio piano nulla varia della divergenza de' raggj, ne segue che i punti *g*, e *c* sono d'ambe le parti ad uguali distanze dalla superficie riflettente *a b*, e che avendo l'occhio situato in *e* vedesi per riflessione l'immagine del punto *c* così lontana precisamente, come sarebbesi giudicata guardando lo stesso punto *c* direttamente dal punto *h*.

Ecco pertanto la ragione, per cui noi veggiamo tutte le immagini distinte tra loro dietro un

(*a*) Lez. XV. pag. . . .

un criſtallo , come avanti a queſto lo ſono gli oggetti ; ed ecco il perchè la noſtra immagine verſo di noi ſi avanza , quando ci accoſtiamo allo ſpecchio , ed i movimenti e geſti , che facciamo , innanzi ed indiero , in ſenſo contrario ſon reſi : onde avviene , che ſenza una grande abitudine ci rieſce difficile il diriggere l' azione delle noſtre mani conducendole coll' occhio per mezzo di uno ſpecchio ; perciocchè paſſando la loro immagine dal davanti all' indietro riguardo a noi , quando la facciano agire dall' indietro al davanti , crediamo ſempre avere fatto alcun moto contrario alla noſtra intenzione , e queſta incertezza ci fa eſitare , ed inetti ci rende .

Noi giudichiamo della grandezza delle immagini vedute dietro gli ſpeccchj , come facciamo di quelle degli oggetti , che noi veggiamo per raggi diretti : vale a dire , che noi ſtimiamo le loro dimenſioni per gli angoli viſuali , che le abbracciano . Così , ſiccome giuſta il riſultato della IV. Eſperienza , la rifleſſione che ſi fa da uno ſpechio piano conſerva ai raggi di luce il grado di convergenza , che avevano nella loro incidenza , ne ſegue , che l' angolo K *e l* , *Fig. 9* è uguale a K *i* L , e che ſi deve vedere l' immagine K *l* preciſamente della ſteſſa grandezza , che ſi vedrebbe lo ſteſſo oggetto K L , ſe dal punto *i* veniſſe guardato . Chè però ſi dice un criſtallo eſſer *falſo* , quando l' immagine vi appare minore o maggiore dell' oggetto , che rappreſenta , perchè in fatti così non avviene quando è veramente piano in tutta la ſua ſuperficie , come deve eſſerlo .

Le immagini , che dietro gli ſpecchi diſtinguonſi , facendo le veci di oggetti alla viſione , noi de-

deroghiamo sovente per prevenzione, o per abito, alla regola degli angoli visuali, per estimare la loro grandezza, e distanza. Si puo quì applicare quanto fu detto a questo proposito nella precedente Sessione, considerando in oltre, che siccome l' incontro de' più perfetti specchj produce sempre qualche sminuimeto di luce, la chiarezza delle immagini divien quindi minore di quella degli oggetti, il che ci fa credere trovarsi esse in una distanza maggiore di quella, che dalla disposizione de' raggi riflessi risulta.

Egli è quasi inutile di far osservare, che un uomo, il quale si guarda in uno specchio, vede tutta la destra parte del suo corpo alla sinistra della sua immagine; questo non può essere altramente, quando l' immagine si presenta a faccia a faccia del suo oggetto; essa ne è quasi una controprova; e due persone poste l' una dirimpetto all' altra nel modo stesso si veggono.

Ma quel che importa avvertire, si è che quando uno sta così in piedi avanti ad uno specchio, non può della sua propria grandezza vedere, che una parte, la quale agguaglia due volte quella dello specchio, dimodochè se quello specchio non ha la metà della sua altezza, egli non vi si potrà vedere tutto intero. In oltre egli vedrà una persona della sua statura, la quale però sarà situata più lungi di lui da quel medesimo specchio, come altresì vedrà meno quella, che ne sarà meno lontana. Per comprendere agevolmente le ragioni di tali effetti, bisogna gettar gli occhi sopra la *Fig. 9.*, e considerare, che quando l' oggetto e l' occhio si trovano egualmente distanti dallo specchio, come accade qualora uno guarda se stesso, i due raggi formanti l' an-

golo K e l, e terminati le due estremità dell' immagine, sono intercecati nella metà della loro lunggezza dalla linea $a\ b$, che rappresenta la superficie riflettente: ora il loro allontanamento in questo sito è uguale alla metà dello spazio $k \cdot l$, che racchiude tutta l'immagine; da che segue evidentemente, che se lo specchio fosse meno alto di $m\ n$, non farebbe veder tutto intiero l'oggetto K L.

In una parola, poichè i raggi me, ne riflessi da uno specchio piano conservano il grado di convergenza, che avevano venendo dalle estremità K, ed L dell'oggetto, le apparenze per la parte $m\ n$ deono essere tali, quali sarebbono per un buco a luce della medesima grandezza fatto in una tavola, se l'occhio vi fosse dietro situato. Ora egli è noto, che guardando per quest' apertura si scoprirebbe un'estensione maggiore o minore, secondo la maggiore o minor vicinanza di questa spezie di finestra ed è facile il rinvenirne le proporzioni; perciocchè se si riflette che l'occhio è come il centro, o il punto di convergenza di tutti que' raggi visuali che radono gli orli del buco, questi raggi medesimi al di fuori prolungati mostreranno col loro allontanamento l'estensione, che abbracciano ad una data distanza.

Devesi dunque por mente a tutte queste cose, qualora si collocano degli specchi nelle camere a fine di far vedere degli edificj, dei giardini, o altri punti di vista dilettevoli: altrimenti si corre rischio di rimaner deluso, o di vedere imperfettamente eseguite le proprie intenzioni.

La situazione della immagine dipende dalla posizione dell'oggetto, relativamente a quella dello specchio: siccome ciascuna parte dell' ogget-

to,

lo, ed il luogo della ſua apparenza ſono d'ambe le parti ad uguali diſtanze dalla ſuperficie riflettente, ſe vi ha qualcuna di dette parti più vicina o più lontana dallo ſpecchio, l'immagine tale pur anche la rappreſenterà; ed ecco ciò, che fa, che *k l*, *Fig.* 9., è inclinato in un ſenſo contrario al ſuo oggetto K L. Perciocchè conviene, che il punto *k* ſi trovi alla ſuperficie *a b* più vicino del punto *l*. Si corichi un uomo diſteſamente ſul pavimento d'una camera, co' piedi rivolti contro di uno ſpecchio, il quale ſtia perpendicolarmente, la ſua immagine comparirà pur anche diſteſa in terra, ed avrà i piedi rivolti altresì contro lo ſpecchio, ed il capo nella maggiore lontananza; e ſe il detto uomo facendo forza sù i piedi ſi farà alzare in guiſa, che deſcriva col corpo un quarto di circolo, l'immagine altresì paſſerà per tutti li gradi d'inclinazione inſinoachè l'una e l'altro ſi trovino paralleli allo ſpecchio, che rimarrà fra di eſſi.

Di quì ſi vede quanto rilevi il collocare negli appartamenti gli ſpecchj di maniera, che eſſi formino eſattamente degli angoli retti co' pavimenti, e colle mura; ſenzadichè nè gli uni nè gli altri poſſono livellarſi colle loro immagini, perchè queſte verſo i loro oggetti s'inclinano, quando gli oggetti s'inclinano, agli ſpecchj.

Singolariſſima coſa, e da oſſervarſi ella è, che quando lo ſpecchio s'inclina avanti un oggetto, l'immagine fa una volta più di cammino, che quando è l'oggetto, che s'inclina avanti lo ſpecchio.

L'uomo ſuddetto, per eſempio, vedrebbe la propria immagine percorrere un mezzo circolo in vece di un quarto, ſe ſtando in piedi all'orlo d'uno ſpec-

chio orizontalmente ſituato lo faceſſe alzare interamente innanzi a ſe. Suppongaſi, che il detto uomo ſia nella linea E G. *Fig.* 10., e che lo ſpecchio ſia *a b*, il ſuo capo comparirà in *e*, ed i ſuoi piedi in *g*; per conſeguenza la immagine e l'oggeto ſaranno nel diametro verticale del ſemicircolo E *b e*. Si elevi lo ſpecchio facendo ſoltanto un angolo di 45. gradi al piè dell'oggetto; vedraſſi allora l'uomo nel raggio orizontale *a e*; e per conſeguenza la lui immagine avrà fatto un quarto di circolo pel movimento angolare dello ſpecchio, che ſarà ſtato di ſoli 45. gradi. E per queſta ragione qualora ſi traſporta uno ſpecchio, il menomo movimento, che far gli ſi faccia, ſembra ſempre più grande aſſai, giudicandone da quello delle immagini, che dietro ſi diſtinguono. I rifleſſi di luce, che ſi fanno dall'acqua, fanno ſempre dei movimenti ſenſibiliſſimi, quantunque l'acqua non paja quaſi nemmeno in moto: ed i teleſcopj di rifleſſione ſono più che gli altri a maneggiarſi difficili per chiunque non ne ha la pratica, perciocchè il menomo moto, che diaſi agli ſpecchj, facendo fare un gran cammino all'immagine, che ſi ricerca, la rende più difficile ad eſſere ritrovata, o dopo averla ritrovata la fa perdere facilmente.

Gli ſpecchj piani hanno altresì la proprietà di conſervare alle immagini delle figure a quelle degli oggetti perfettamente conformi, e ſempre per la ragione, che la diſtanza *a g*, *Fig.* 8. è uguale ad *a c*. Perciocchè ſe queſta regola ſi applica a tutti i punti E, F, G, ec. delle *Fig.* 10. e 11., ſi vedrà, che *e c* eſſendo eguale a *c* E, *f d* F, *g h*, ad *h* G, ec. egli è affatto neceſſario che *e*, *f g*, ſi trovino in una retta linea, come E, F, G, e conſeguentemente ſe la parte F dell'oggetto,

ſi

ſi ritrovaſſe fuori della linea E *a*, il punto corriſpondente *f* ſarebbe altresì veduto più vicino, o più lontano che la linea *a e*. In ſomma non eſſendo altro la figura, che la diſpoſizione delle parti, e gli ſpecchj piani moſtrando delle immagini, le parti delle quali ſono diſpoſte come quelle dell' oggetto, ſi può dire con ogni ſicurezza, che conſervano alle immagini delle figure conformi a quelle degli oggetti, e che quando ciò non avviene, egli è perchè lo ſpecchio non è perfettamente diretto in ogni ſenſo.

L' immagine ſteſſa, che in uno ſpecchio ſi vede può eziandio ſervire d' oggetto, e vederſi una ſeconda volta in altro ſpecchio; e ſe queſt' ultimo è collocato in guiſa da rifletterla ſul primo, eſſa può molte fiate eſſere veduta nello ſteſſo. Ciò ſi vede intervenire quotidianamente in una camera, in cui ſi ſoſpenda un luſtro fra due criſtalli dirizzati parallelamente l' uno a dirimpetto dell' altro; ma ſiccome la immagine, che ſerve di oggetto è più diſcoſta dallo ſpecchio di quel che ſia l' oggetto medeſimo, ella deve altresì più lontana di dietro comparire, che la prima immagine, e così delle altre: ed ecco perchè nell' eſempio teſtè allegato, tanti luſtri ſi vedono gli uni dopo gli altri in una ſteſſa diritura. Le più lontane di queſte immagini ſono altresì le più deboli, perchè in ciaſcuna rifleſſione ſi eſtingue ſempre, o ſi diſperde qualche parte dei raggi, il che fa che le ultime ſono formate con minore quantità di luce, nè ſono sì vivamente rappreſentate.

Si fanno per divertimento degli ſpecchj con più faccie piane, priſmatici, o piramidali, la cui proprietà è di raccogliere in una ſola immagine, e ſenza interrompimento varj oggetti, o varie parti d' un medeſimo diſſegno diſperſe, e ſeparate da

ſpazj vuoti, o ripieni d'altre figure, che nello ſpecchio non ſi rappreſentano. Queſti effetti non ſaranno difficili a ſpiegarſi per chiunque avrà bene inteſo quanto diſſi di ſopra intorno agli ſpecchj diritti. Supponiamo a cagion d'eſempio, che vi ſieno quattro faccie riflettenti elevate perpendicolarmente attorno ad una baſe, A B C D E, *Fig.* 12. Egli è evidente che l'occhio ſituato in una certa diſtanza, come E, ed elevato di un piede in circa al di ſopra del piano, che porta lo ſpecchio, diſtinguerà per gli raggi rifleſſi A F, B F, C F, D F, e ſimili, quanto ſarà diſſegnato negli ſpazj A B G H, B C I K, ec. e che tutto ciò, che non vi ſi troverà contenuto, non ſi vedrà nello ſpecchio, ſe l'occhio non ſi porta nè a deſtra nè a ſiniſtra; il che laſcia la libertà di riempire di oggetti ſtranieri al diſſegno gli ſpazj H B I, K C L, e M D N, e di traſformare con queſto mezzo la figura, la cui immagine lo ſpecchio deve rappreſentare, e le di cui parti ſono dai detti triangoli ſeparate.

Quaſi la ſteſſa coſa avviene d'uno ſpecchio piramidale, le di cui faccie ſieno piani triangolari; quanti lati vi avrà alla baſe, *Fig.* 13. tanti triangoli ſi oſſerveranno ſopra il cartone, ne' quali racchiudendoſi tutte le parti del diſſegno, che lo ſpecchio deve raccorre, e porgere all'occhio, il quale perciò ſi pone nell'aſſe prolungato della piramide, a fine di diſcoprire tutte le faccie riflettenti. Quanto ſi ritrova diſegnato negli ſpazj A, B, C, D, ſi vede nelle parti corriſpondenti della baſe *a*, *c*, *d*, e queſta immagine nulla comprende di quanto ſarà ſtato poſto in E, F, G, H, per interrompere il diſſegno, ed impedire, che non ſi comprendano i raporti, che hanno tra di loro le ſue parti.

Non

Non è fuor di propòsito l' osservare, che i raggi riflessi *g* G, *h* G, *i* G, mostrano i punti A B C, *Fig.* 15., in un ordine del tutto opposto a quel che hanno sul cartone, come appare dalle parti corrispondenti dell' immagine *a b c*, e siccome lo stesso adiviene per tutti li triangoli, si vede, che tutte le parti della figura, che sono in ciascun d' essi racchiuse, deono essere collocate in senso contrario, perchè l' immagine veduta nello specchio rappresenti il suo oggetto al naturale; questa è altresì una ragione, per cui si stenta tanto ad indovinare ciò, che contengono i cartoni, qualora senza il soccorso dello specchio si mirano.

Questi sono i principali effetti degli specchj piani: passiamo ora a quelli degli specchj curvi, che sono convessi.

QUARTO CASO.

Se raggi convergenti nella loro incidenza sono da uno specchio convesso riflessi.

V. ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

In questa, e nelle due seguenti Esperienze si adopera ancora il gran cerchio rappresentato dalla *Fig* 2. Ma invece dello specchio piano si pone in C D lo specchio convesso, e vi si fanno cadere due raggi convergenti nella stessa guisa, che nella IV. Esperienza.

EFFETTI.

I due raggi riflessi invece di non formare, che un punto luminoso, riunendosi sopra il telajo B vi segnano due immagini distinte, il che dimostra chiaramente, la loro convergenza non essere così grande, come lo era prima che toccassero lo specchio.

QUIN-

QUINTO CASO.

Se raggi cadenti paralleli tra loro sono riflessi da uno specchio convesso.

VI. ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Lo specchio convesso rimanendo a suo luogo, conviene operare come nella II. Esperienza, dopo di avere tolto via il vetro, che cuopre il diafragma in A.

EFFETTI.

I due raggi riflessi diventano tra di lor divergenti, e questo appare sì pel loro allontanamento, che sempre cresce dallo specchio infinito al telajo B, come per la distanza reciproca delle immagini, la quale è considerabilmente maggiore di quella dei buchi per cui passano i raggi in A.

SESTO CASO.

Se raggi divergenti sono riflessi da uno specchio convesso.

VII. ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Si fanno divergere i raggi incidenti nella stessa guisa, e collo stesso mezzo, che nella III. Esperienza, lasciando sempre a suo luogo lo specchio convesso.

EFFETTI.

Dopo la riflessione i due cerchj luminosi sono più distanti l' un dall' altro sopra il telajo trasparente, che non lo sono allora quando, tolto via lo specchio, pervengono dirittamente verso E; il che dimostra esser essi più divergenti, quando

do ſono rifleſſi, di quel che ſieno nella loro incidenza.

SPIEGAZIONE.

Siccome lo ſpecchio piano fu da noi per una retta linea rappreſentato, così quello delle tre ultime Eſperienze può eſſer eſpreſſo per una curva, la di cui conveſſità ſi preſenti ai raggi incidenti. Ora una linea curva, come in varj luoghi di queſt' opera già ſi è detto, è uno aſſembramento di linee rette infinitamente brevi, ed inſenſibilmente fra loro inclinate. Per ragionarne in una maniera più comoda, e più facile ad intenderſi, facciamo queſti elementi d'una grandezza ſenſibile, e così pure i loro gradi d'inclinazione, e toſto ſi vedrà, perchè i raggi rifleſſi da uno ſpecchio conveſſo più non conſervano tra loro lo ſteſſo ordine, e la ſteſſa poſizione che avevano nel tempo che venivano allo ſpecchio; perciocchè facendo ciaſcuno di loro il ſuo angolo di rifleſſione uguale a quello della ſua incidenza, ed eſſendo le parti dello ſpecchio, che immediatamente ſi ſieguono, più inclinate per uno de' raggi incidenti, che per quello, che lo precede, o gli vien dopo, egli deve per lo più accadere, che i raggi rifleſſi ſi avvicinino, o ſi allontanino gli uni dagli altri più che prima; ed è appunto l'ultimo di queſti due effetti, che ha luogo ogniqualvolta la luce cade ſull'eſteriore della curvatura formata dalle parti riflettenti. Così i raggi paralleli *a b*, *c d* *Fig.* 15. ferendo le parti *d*, e *b* dello ſpecchio, e facendo gli angoli di rifleſſione *e b f*, ed *b d i* uguali a quelli d'incidenza *a b g*, ed *c d k*, diventano divergenti, e vanno a finire ne' punti *e*, *b*.

Si vede ancora oſſervando le *Fig.* 16. 17. che ſeguendo la regola ſteſſa, i raggi che avrebbono

bono il loro punto di convergenza in m, dopo la rifleſſione più non ſi riuniſcono, che in l; e che quelli, la convergenza de' quali appena ſarebbe ſenſibile alla diſtanza m, ſi allontanano aſſai più, verſo l, che indica un pari grado d'allontanamento.

Lo ſpecchio, di cui ci ſiamo ſerviti nelle ultime Eſperienze, ha una ſola e ſemplice curvatura, e queſto baſta, quando ſolamente ſi conſiderano i raggi di luce, che ſono in uno ſteſſo piano: ma egli è agevole di comprendere, che ciò che ne riſulta può applicarſi a ſpecchj d'una curvatura uniforme in ogni ſenſo, quali ſono per eſempio gli ſpecchj sferici conveſſi; perchè ſiccome ciaſcun faſtello di raggi cilindrico, o piramidale tagliato ſecondo la lunghezza del ſuo aſſe può dare una infinità di piani, tutti i filetti di luce, che ſi troveranno in detti piani, anderanno ſempre a terminare ſopra lo ſpecchio in una linea, di cui potrà dirſi tutto ciò, che abbiam oſſervato riguardo ai punti d, b, ec. delle *Fig.* 16, e 17.

Conviene pertanto riguardare, come fatti certiſſimi, 1. Che tutti gli ſpecchi di queſta ſpezie, piccoli, o grandi, diminuiſcono per lo meno la convergenza di raggi, che tendono ad unirſi.

2. Che eſſi rendono divergenti quelli, che ſono ſolamente paralleli.

3. Che accreſcono la divergenza di quelli, che già ne avevano prima d'eſſere rifleſſi; e queſti effetti immediati parecchi altri ne producono, che hanno relazione o ſia al producimento del calore, o ſia alla viſione degli oggetti. Di queſti ne riferirò ora alcuni.

Ap-

APPLICAZIONI.

Inutilmente si porrebbero in uso gli specchj convessi per accrescere il calor proveniente da' raggi solari; perciocchè la luce del Sole essendo naturalmente quasi parallela a se stessa, non che diventare convergente com' esser dovrebbe per maggior forza acquistare, non può che divergere, e rarefarsi, qualora viene da tali superficie riflessa.

Siccome i pianeti, che ci rimandono i raggi del Sole, sono sferici, o quasi sferici, la luce, che a noi ne viene non può non essere indebolita assai, non solo perchè fa un tragitto più lungo nel passare dalla sua sorgente ai detti corpi celesti, e da essi insino al nostro globo, ma ancora perchè non ve ne ha, se non una picciola parte di riflessa verso di noi, e quello, che a noi ne perviene, è molto rarefatto per la divergenza, che gli comunica la sfericità delle superficie riflettenti. Pretende il Sig. Bouguer fondato su Esperienze da sè fatte con diligenza, che la luce della Luna piena alla sua mezzana distanza dalla terra è trecentomila volte più rara di quella del Sole: e questa si è senza dubbio la ragione per cui essa non produce calor sensibile anche allora quando per mezzo degli specchj si raccoglie. Imperciocchè quando si giungesse a condensarla tanto, quanto fu rarefatta dal corpo sferico, che ce la rimanda, locchè difficilmente potrebbe eseguirsi, essa avrebbe sempre assai meno di forza, che quando viene dal Sole direttamente a noi, a motivo del gran numero di raggi, che s'assorbiscono, si sviano, o si estinguono, sia in toccando il corpo, che rifletter gli dee, sia in attraversando l'atmosfera terrestre.

Egli è un fatto incontrastabile, ed a tutti i viaggiatori notissimo, che sulla cima delle alte mon-

tagne il calor del Sole si fa sentir molto meno, che ne' valloni, e nelle basse pianure, dove sempre fa freddo. Fra le cagioni, che a quest' effetto contribuiscono, legittimamente annoverar si può la divergenza de' raggi di luce notabilmente accresciuta dalla figura rotondata del terreno perciocchè, come altrove notai (*a*), il calore, che alla superficie della terra si pruova, non solamente viene dai raggi diretti del Sole, ma ancora dai raggi riflessi. Questi rarefatti, o dispersi pel modo, con cui risalgono indietro, minore dev' essere l' effetto totale.

Gli specchj convessi, come pure que', che son piani, fanno sempre veder l' immagine dietro la superficie riflettente, ed in una situazione conforme a quella dell' oggetto: ma in vece che negli ultimi il punto di riflessione si trova in eguali distanze fra l' una e l' altra, negli altri l' immagine è ravvicinata a proporzione della maggiore, o minore convessità: questa differenza proviene dal trovarsi la divergenza naturale de' raggi, che partono da ciascun punto visibile dell' oggetto, accresciuta dopo la riflessione, come si è per la VII. Esperienza veduto; il che avvicina infallibilmente all'occhio il loro punto di riunione, a cui noi riferiamo la parte dell' oggetto, di cui detti raggi ci delineano la immagine. Veggasi la *Fig.* 18. e si paragoni colla 8.

Un altro effetto, per cui dagli specchj piani variano i convessi, è che rendono questi l' immagine sempre minore del suo oggetto: e tanto più, quanto più questo dalla superficie riflettente si allontana; se ne comprenderà la ragione, se alcun poco si considerano le conseguenze, che deve

(*a*) Tom. IV. pag. . . . .

ve avere la V. Esperienza, per la quale si è fatto vedere, che i raggi convergenti nella loro incidenza lo sono sempre meno dopo essere stati riflessi da una superficie convessa; imperciocchè non per altro i due raggi C *e*, D*d*, *Fig.* 19. si riuniscono più lontano, che fatto non avrebbono senza l'incontro dello specchio *a b*; e per questa novella disposizione fanno essi vedere l'immagine sotto un angolo minore di quello, sotto cui veduto sarebbesi l'oggetto, guardandolo direttamente dal punto *f*.

Se lo stesso oggetto più si allontana dallo specchio, i raggi incidenti *c d d*, divenendo perciò meno convergenti si riuniranno dopo la riflessione anche più lontano che nel primo caso, il che farà veder l'immagine sotto l'angolo *e g d*, minore di *e i d*.

Devesi notare che quando uno specchio convesso diminuisce la convergenza de' raggi da lui riflessi, si è questo il minor effetto, che produr possa, perchè egli può avvenire, o sia per una maggior convessità dello specchio, o sia per una minore convergenza de' raggi cadenti sopra, che questi dopo la riflessione paralleli si truovino, o ancora divergenti; e tutti quelli, a' quali ciò interviene, più non possono nell' occhio incrocicchiarsi, nè concorrere per conseguenza a formarvi l'immagine di ciò che si cerca vedere. Questo diverrà più intelligibile per una Figura.

Sia *a b*, *Fig.* 10., uuo specchio convesso, che faccia parte di una sfera il cui centro sarebbe in *c*. Se dalle due estremità *d*, *e*, d' un oggetto voi conducete dei raggi divergenti, che occupino i due spazj *a f*, *b f*, facendo gli angoli di riflessione uguali a quelli d' incidenza, voi troverete. 1. Che i raggi *d h*, *e i* i quali tendono al centro della sfe-

sfericità, si riflettono sopra di loro medesimi; poichè essendo come raggi prolungati della sfera, di cui lo specchio è parte, essi non sono nè più, nè meno inclinati verso *a*, o verso *b*, che verso *f*. Sono dunque questi raggi assai divergenti fra loro, e molto lontani dal congiungersi in qualsivoglia sito 2. Questo effetto sarà ancora più notabile nei raggi riflessi dalle parti *a b*, e *b i*, come ben si vede guardando soltanto la figura. 3. Si riconoscerà, che da *b* sino a *k*, e nella parte corrispondente da *i* sino ad *l*, i raggi riflessi perdono a poco a poco questa divergenza, e diventano finalmente paralleli; ciocchè non basta però ancora per far entrare nell' occhio dei raggi vegnenti dalle due opposte estremità *d*, *e*, o sia per fare vedere l' oggetto intiero. 4. Ma contando esclusivamente dai punti *k*, ed *l*, dove i raggi incidenti tendono in *m*, che è il quarto del diametro della sfericità, la luce riflessa converge sopra l' asse prolungato *f g*: dovunque l' occhio si troverà situato su questa linea, vedrà l' oggetto intiero nella parte *k l* dello specchio, e lo vedrà sotto angoli sempre più piccioli a misura che più si scosterà dallo specchio, ponendosi successivamente in *n*, in *g*, ec.

Un oggetto di una certa grandezza, e di cui sieno tutte le dimensioni, si rappresenta in uno specchio convesso sotto una figura diversa da quella che ha; perchè non avendo tutte le sue parti egualmente distanti dalla superficie riflettente, e ciascuna di esse rappresentandosi dietro lo specchio in un grado di lontananza proporzionale a quello che ha per la sua posizione avanti lo specchio, egli è forza, che l' immagine del punto *o* compaja più vicina di quelle dei punti, *d*, *e*, e che questa linea, che è retta, abbia l' apparenza d' una curva.

Uno

Uno ſpecchio conveſſo non può porgere le immagini conformi agli oggetti, ſe non quando queſti preſentanſi con ſuperficie parallele alla ſua curvatura.

Se gli ſpecchj, di cui parliamo, ſono infedeli riguardo alle figure degli oggetti, che ne rappreſentano, hanno altresì il difetto di rendere con poca eſattezza i movimenti, che avanti a loro ſi fanno, e l' uno ſi è una neceſſaria conſeguenza dell' altro; perciocchè un corpo, il qual ſi mova innanzi ad uno ſpecchio, non fa che preſentarſi ſucceſſivamente in differenti luoghi: ſe nel paſſare dall' un luogo all' altro egli ſcorre delle linee, o delle ſuperficie, che non ſieno parallele alla curvatura dello ſpecchio, come ſoventiſſimamente adiviene, queſto corpo per le ragioni teſtè addotte avrà nello ſpecchio delle apparenze ſucceſſive, il cui ſeguito non corriſponderà eſattamente a quello delle poſizioni, che avrà preſe realmente.

Vedeſi per eſperienza la verità di quanto abbiam oſſervato in riguardo agli ſpecchj conveſſi, ſoltantochè ſi fermi lo ſguardo ſopra un bottone d' oro, o d' argento ben liſcio, ſopra una caſſa d' orologio, ec. vi ſi vede toſto la propria immagine, come in una miniatura: vi ſi vede nella ſua naturale ſituazione, e molto dappreſſo dietro alla ſuperficie riflettente: ma di rado ſi vede giuſtamente diſſegnata, ed i ſuoi movimenti poco eſattamente corriſpondono a quelli, che le ſi danno ad imitare: queſto proviene ſenza dubbio dalle irregolarità dei piccioli ſpecchj deſtinati piuttoſto a brillare, che a rappreſentare delle immagini: ma quando foſſero lavorati a queſt' effetto, avrebbero però ſempre nei caſi ordinarj le infezioni, che di ſopra ho accennate.

Tuttavia, qualora l'oggetto è diſcoſto dallo ſpec-

chio, e lo ſpecchio è largo aſſai, e poco conveſſo, le immagini non ſi guſtano ſenſibilmente, ed il diſſegnatore, ovvero il pittore, che vuole ſervirſene per ridurre un quadro dal grande al picciolo, non laſcia di trarne qualche profitto.

Veggonſi ne' gabinetti de' curioſi certi criſtalli, che ſono piani al di fuori, e che fanno contuttociò ſenſibiliſſimamente l' effetto degli ſpecchj conveſſi. Ben ſovente uno ſteſſo pezzo offre varj di que' piccioli ſpecchj che pajono fatti in arco, e che fanno in ciò una illuſione, di cui il ſolo tatto può diſingannare. In fatti la ſuperficie anteriore dello ſpecchio è piana in tutta la ſua eſtenſione; ma l' altra è ſcava in porzioni di sfera concava, ed incroſtata d' argento vivo, e di ſtagno. Queſta incroſtatura metallica, su cui faſſi la maggiore rifleſſione della luce, applicandoſi nel concavo forma degli ſpecchj conveſſi dalla parte degli oggetti, e di chi guarda, e tutti gli effetti ne produce. Vediamo ora quelli degli ſpecchj concavi.

SETTIMO CASO.

Se raggi paralleli ſono rifleſſi da uno ſpecchio concavo.

VIII. ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Queſta Eſperienza come la ſeconda deve prepararſi; ſalvo che in vece dello ſpecchio piano ſi pone in C D quello ch' è concavo, *Fig.* 2.

SPIEGAZIONE.

I due raggi dopo aver toccato lo ſpecchio diventano divergenti fra loro, e non fanno più che una piccioliſſima immagine luminoſa ſulla carta del telajo B.

OTTAVO CASO.

Se raggi convergenti fra loro sono riflessi da uno specchio concavo.

IX. ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Si lasci l'apparecchio come stava nell'ultima Esperienza, e si aggiunga sul diafragma in A il vetro lenticolare della quarta.

EFFETTI.

I due raggi incidenti, il cui punto di convergenza è in E (il che può facilmente vedersi togliendo via lo specchio per lasciarli passare,) si riuniscono dopo la riflessione, e s'incrocicchiano nello spazio ch'è fra lo specchio, e 'l telajo B; cioè a dire che la loro convergenza è considerabilmente accresciuta.

NONO CASO.

Se raggi divergenti nella loro incidenza riflessi vengono da uno specchio concavo.

X. ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Si replichi quanto fu fatto nella seconda Esperienza, usando sempre lo specchio concavo in vece dello specchio retto e piano.

EFFETTI.

I due raggi riflessi delineano sul telajo B due immagini assai più avvicinate l'una all'altra di quel che fossero sullo stesso telajo abbassato in E, quando togliendo lo specchio vi si lasciavano andare i due raggi incidenti: il che dimostra, che la riflessione dallo specchio cagionata ha di molto

diminuita la divergenza, che avevano i raggi prima di arrivarvi.

Da queste tre Esperienze deduconsi tre fondamentali verità. 1. Che la riflessione, che si fa della luce sopra gli specchj concavi, i raggi convergenti nella loro incidenza lo diventano maggiormente. 2. Che i raggi paralleli vengono resi convergenti. 3. Che quelli, i quali cadono divergenti, meno lo diventano, e che possono essi o paralleli o convergenti divenire.

SPIEGAZIONE.

Dopo ciò che io dissi per ispiegare gli effetti degli specchi convessi, noi dobbiam riguardare gli elementi dei concavi come picciole faccie piane inclinate le une verso le altre, come le linee *a c*, *b c*, *Fig.* 21. I raggi, che cadono sopra, facendo sopra ciascuna di esse degli angoli di riflessione uguali a quelli della loro incidenza, deono necessariamente avvicinarsi l'uno all' altro: ed ecco perchè nell' VIII. Esperienza i raggi riflessi divenuti sono convergenti di paralleli che erano. Il parallelismo è per dir così il punto di divisione fra la convergenza, e la divergenza; e se alcun poco escono i raggi questa spezie d' equilibrio, egli è forza, che comincino a convergere verso un punto di riunione.

L' effetto essenziale ed infallibile dello specchio concavo essendo dunque di avvicinare gli uni agli altri i raggi di luce, che riflette, si vede alla prima occhiata, e senza altra spiegazione, perchè i raggi della IX. Esperienza più convergenti sieno divenuti di quel ch' erano, ed in qual modo quelli della X. perduto abbiano una parte della loro divergenza.

Ma posciachè tali effetti dalla rispettiva inclinazione delle parti dello specchio principalmente di-

dipendono, quanto maggiore ſarà la ſua curvatura, tanto più condenſerà egli la luce, o veramente la raccorrà in uno ſpazio minore, e ſiccome la rifleſſione ha ſempre una coſtante corriſpondenza coll'incidenza, egli è certo, che i raggi rifleſſi da uno ſpecchio concavo di una determinata curvità tanto più ſi raccolgono, quanto meno lontani n'erano, o quanto più vi erano diſpoſti nel giungere alla ſuperficie riflettente: così tutte le coſe nel reſto rimanendo eguali i raggi, che ſono più convergenti prima di toccare lo ſpecchio, ſon quelli che ſi riuniſcono più vicino ad eſſo dopo d'averlo toccato; e quelli che ſono men divergenti nella loro incidenza, ſono altresì più acconci a divenir paralleli, o convergenti per la rifleſſione.

Quando un concavo ſpecchio rende i raggi convergenti, il ſito in cui ſi raccolgono *foco* ſi appella, e giuſta l'ultima mia oſſervazione, queſto foco non è già per tutte le ſorti di raggi incidenti il medeſimo.

Se i raggi cadono paralleli, come *a b*, *d e*, *Fig.* 22. ſopra uno ſpecchio ſferico concavo, in oſſervando che gli angoli di rifleſſione ſieno uguali a quelli d'incidenza, ſi trova, che ſi raccolgono eſſi in un piccolo ſpazio (*a*) in F, cioè ad una diſtanza dallo ſpecchio, ch' è il quarto del diametro dalla ſua ſfericità.

Alcuni raggi, che caderebbero convergenti, come *f g*, *h i*, ſopra un medeſimo ſpecchio, avrebbono il loro foco più vicino, in K, per eſempio; ed a altri, che ſarebbono divergenti, come *l m*, *n o*,

(*a*) Dico in un picciolo ſpazio, e non in un punto, perchè la curvità ſferica non è quella che ſi richiederebbe per far coincidere eſattamente tutti li raggi rifleſſi: ciò non accade ſe non a quelli, che ſon più vicini all'aſſe dello ſpecchio.

prima d'essere riflessi, avrebbero il loro punto di convergenza in P, cioè più lontano dello specchio, che il foco de' raggi paralleli.

APPLICAZIONI.

La Fisica considera nell'uso degli specchj concavi due sorti d'effetti. Consistono gli uni in raccogliere in un picciolo spazio dei raggi di fuoco o di luce, a segno di riscaldare notabilmente, di abbruciare, di liquefare, di calcinare i corpi più densi e più duri. Gli altri concernono le apparenze degli oggetti rappresentateci dai detti specchj. Ho già parlato de' primi, e credo su di ciò aver detto quanto resta a sapersi di più essenziale, trattando delle diverse maniere di suscitare il fuoco, nella XIII. Lezione: aggiungerò quì solamente un fatto curiosissimo ed attissimo a confermare quello che ho provato nelle ultime Esperienze.

Se verticalmente e parallelamente tra loro si elevano due specchj sferici di 15. in 18. pollici di diametro, e d'una curvità tale, che il punto di riunione dei raggi, che cadono paralleli, sia a 12. o 15. pollici dalla superficie riflettente, un acceso carbone situato nel foco di uno di detti specchj accende della polvere da cannone posta nel foco dell' altro, quand' anche la distanza tra questi due fochi fosse di 24. a 30. piedi.

Questa bella Esperienza non esige mica degli specchj perfettissimi. Il Sig. Varinge, che dopo averla imparata dai Gesuiti di Praga, a noi la tramandò, non adoperava per questo che degli specchj di legno dorati (*a*). Io la replico da 20. anni

(*a*) Il Padre Zahn nel suo *Oculus artificialis*, p. 753. dice che un Uomo degno di fede gli aveva detto d'aver veduto a Vienna due specchj sferici con-

anni in qua con cartoni inargentati e bruniti di 18. pollici di diametro, la ſuperficie concava de' quali fa parte d'una sfera cava avente due piedi di raggio. Mi ſono però accorto, che un intonico di oro è preferibile ad uno di argento non ſolo perchè meglio ſi conſerva, ma ancora perchè più fortemente riflette i raggi di fuoco.

Ma quello, che più importa di oſſervare, perchè ſucceda l'Eſperienza, ſi è, che biſogna deſtare con un ſoffio eguale il carbone dalla parte, che riſguarda lo ſpecchio, di cui occupa il ſoco: e perciò il Sig. Duſay ingegnoſamente valevaſi del vapor dilatato d'un eolipilo, il cui collo alquanto più lungo era dell'ordinario, affinchè il corpo dal vaſo, e lo ſcaldavivande, ſopra cui ſtava, eſſendo più baſſo dell'orlo inferiore dello ſpecchio, non impediſſero ai raggi di fuoco il giungere a quella parte della ſuperficie riflettente. In vece di queſto io mi ſervo aſſai acconciamente d'un manticetto a doppia anima, la di cui eſtremità s'introduce in un cannello di latta, che è fitto in un buco fatto nel centro del mio ſpecchio, e che va a terminare a due pollici di lontananza dal carbone. Debbo altresì avvertire, che più facilmente ſi rieſce all'oſcuro, che a chiaro gior-

 no,

concavi, che producevano un tale effetto, eſſendo collocati in diſtanza di 20. piedi l'un dall'altro. Il P. Cavalieri nel ſuo Trattato *delle Seſſioni Coniche cap.* 27. dice d'aver meſſo dei carboni ardenti nel ſoco d'uno ſpecchio sferico di piombo, e che i raggi eſſendoſi rifleſſi parallelamente, gli aveva poſcia riuniti con uno ſpecchio concavo formato in cono parabolico troncato in guiſa, che il foco ſi trovava dietro lo ſpecchio nella parte troncata, e che per queſto mezzo aveva poſto il fuoco a varie materie combuſtibili.

no, e che giova molto che a ciascun specchio vi sia due persone, l'una per suscitare il fuoco con perfetta eguaglianza, e senza interrompimento, l'altra per ritenere il corpo combustibile nel vero foco nel momento, in cui è più ardente.

Dopo il detto da me nell' ultima spiegazione riguardo al modo, con cui si formano i foci degli specchj concavi, la spiegazione del fatto ora riferito da se stessa a noi si offre: conciossiachè posciachè i raggi paralleli *ab*, *de*, *Fig.* 22. diventano convergenti in F, in virtù degli angoli di riflessione eguali a quelli d' incidenza, reciprocamente e per la stessa ragione tutti i raggi, i quali come F *b*, F *e* vengono allo specchio da un punto raggiante posto in E deono parallelamente riflettersi tra loro; ed è ciò che interviene a quelli del carbone ardente.

In oltre, quando questo fastello di raggi paralleli viene ad incontrare un somigliante specchio, egli è riflesso una seconda fiata, e tutti i filetti, che lo compongono, divenuti convergenti si raccolgono nel piccolo spazio, in cui è riposta l' esca, e vi fanno nascere un calore atto ad accenderla.

Supponendo che il carbone sia posto esattamente nel foco del primo specchio, e che i raggi riflessi sieno quindi ben paralleli, potrebbe quest' Esperienza riuscire anche a distanze maggiori assai di 25. o 30. piedi; posciachè il secondo specchio, a qualunque distanza egli si ponesse, riceverebbe sempre la stessa quantità di raggi, che sarebbero dal primo rimandati indietro: ma la massa d' aria, che framezzo si ritrova, vi produce necessariamente una diminuzione, e per questa ragione gli specchj non possono essere l' un dall' altro discosti, se non in una certa quantità, che deve variare secondo la bellezza e grandezza degli specchj,

la

la quantità, e l'attività del ſuoco adoperato, lo ſtato attuale dell' atmosfera, ec. il Sig. Dufay con iſpecchj di geſſo dorati di 20. pollici di diametro accendeva dell' eſca alla diſtanza di 50. piedi.

Gli ſpecchj piani, e quei che ſono conveſſi, ne ſanno ſempre vedere l' immagine dell' oggetto dietro la ſuperficie riflettente; cioè a dire, ſi trovano eſſi fra detta immagine e l' occhio dello ſpettatore. Egli non è già lo ſteſſo degli ſpecchj concavi, non producendo eſſi un tale effetto, ſe non in certi caſi, qualora l' oggetto è ſituato innanzi ad eſſi in una diſtanza, che non agguaglia il quarto del diametro di loro sfericità, cioè più vicino, che il punto F, *Fig.* 23. Negli altri caſi l' immagine eſce, per dir così, dello ſpecchio, e ſi avanza più o meno, ſecondochè è la lontananza dall' oggetto alla ſuperficie riflettente.

Per migliore intelligenza di queſto, e di quanto ſeguirà, convien ridurſi a memoria due principj nel precedente articolo ſtabiliti, cioè 1. che ciaſcun punto illuminato di un oggetto ci diviene viſibile per un faſtello di raggi divergenti, per una piramide di luce, la cui baſe è uguale all' apertura della pupilla dell' occhio, dimodochè ſe i filetti, o raggi formanti detta piramide per qualſivoglia cagione invece di divergenti, che ſono naturalmente, o paralleli o convergenti ſi preſentano, noi ceſſiamo di vedere diſtintamente il punto illuminato, da cui procedono (*a*). Ne eſporrò le ragioni quando ſpiegherò le parti dell' occhio, e le loro funzioni. 2. Che noi non potremmo vedere un oggetto intero, ſe dalle oppoſte eſtremità delle ſue di-

(*a*) Deveſi queſto intendere delle viſte ordinarie, e non già de' presbiti, o de' miopi, de' quali ſi parlerà in appreſſo.

dimensioni verso l'occhio non si facesse un concorso di que' fastelli, o piramidi, di cui poco fa ho parlato. Quando per qualsivoglia mezzo egli accade, che que' raggi perdono quella propensione comune, che hanno verso l'occhio, insino a diventare paralleli tra loro, allora più non può farsi la visione, se non se imperfettissimamente.

Ciò posto, se ora si considera, che il foco de' raggi paralleli è in F, e che per conseguenza conviene, che il punto raggiante A più vicino si trovi allo specchio perchè i raggi riflessi verso l'occhio conservino quel grado di divergenza, di cui ridussi a memoria la necessità, tutto ad un tratto si sentirà, come dipenda da quest' ultima condizione che noi non vediamo l'immagine dietro lo specchio, posciachè per essa sola i raggi riflessi hanno dietro la superficie riflettente un punto di riunione *a* dove noi riferiamo il punto raggiante o visibile dell' oggetto.

E perciocchè egli avviene per le rispettive grandezze dello specchio e dell' oggetto, che l'occhio posto in certi siti più ricever non può in un tempo dei raggi da tutti li punti illuminati, quindi è che l' oggetto qualche volta non ci viene intero rappresentato.

Qualora il punto raggiante si trova fra il quarto, e la metà del diametro della sfericità dello specchio fra F, e C, i raggi riflessi *b* E, *d* E divengono convergenti, e si incrocicchiano più lungi dal punto C, in E, per esempio, o più oltre ancora, scostandosi dallo specchio, se il punto raggiante, più s' avvicina al punto F, come già osservai nella spiegazione delle ultime Esperienze. Ora l'immagine si ritrae dovunque detti raggi si riuniscono, e questo si può col fatto provare, al-

tro

tro non dovendo fare, che riceverla sopra un cartone bianco esposto alla detta distanza.

Ma se vuolsi detta immagine ricevere immediatamente nell' occhio, non conviene già questo situare in E, ma al di là bensì, ed a tale distanza, dove i raggi incrocicchiati ripreso abbiano il grado di divergenza necessario; ed è per questo che una persona, la quale fa la prova di vedere l' immagine della propra mano fra se, e lo specchio concavo, non la vede troppo distintamente, se non allontana il capo di molto dal luogo, in cui si fa la rappresentazione, nel caso in cui l' immagine e l' oggetto si tocchino. In simili circostanze meglio riesce l' esperienza con una spada nuda, che si porti innanzi, e ciò ancora per la stessa ragione.

Ogni qual volta noi veggiamo così l' immagine di qua dallo specchio, essa è rovesciata; perciocchè i fastelli di raggi, che partono dalle parti opposte dell' oggetto, non possono più all' occhio convergere, fuorchè dopo essersi tra l' oggetto e lo specchio incrocichiati: cioè d' un numero infinito di simili piramidi di luce, che procedono per esempio dai punti A, e B, *Fig.* 24., e di cui altre s' incrocichiano a diverse distanze, altre non s' incrocicchiano; l'occhio nel caso di cui si tratta non può più ricevere in uno stesso tempo che di quelle, che hanno patito questo incrocicchiamento. Ora la piramide incidente A E portando dopo la riflessione l' immagine del punto A in *a*, dove riunisconsi i suoi proprj raggi, e la piramide B G per necessaria conseguenza ritraendo B in *b*, l' immagine si truova al contrario dell' oggetto, l' occhio situato al di là, nel riceverla, in questa situazione la vede.

O che l' occhio riceva detta immagine per li raggi diretti *a* H, *b* H, o che posto dalla parte del-

dello ſpecchio la diſtingua per rifleſſione ſopra un cartone bianco, in queſt' ultimo caſo non men che nel primo ella è ſempre roveſciata, perchè i raggi rifleſſi dal cartone all' occhio non s' incrocicchiano per via.

Abbiamo precedentemente oſſervato, che lo ſpecchio conveſſo fa vedere l' immagine minore, e più vicina di quel che la faccia vedere uno ſpecchio piano. Ora è da ſaperſi che lo ſpecchio concavo ancora è diverſo dal piano, ma per effetti affatto contrarj; perciocchè quando l' immagine è veduta dietro la ſuperficie riflettente, ella ne ſembra più lontana, che non l' è pel davanti l' oggetto, e noi la veggiam ſempre ampliata. La prima di queſte due apparenze naſce dal perdere i raggi, che partono da ciaſcun punto dell' oggetto, una parte della loro divergenza per la rifleſſion dello ſpecchio, come veder ſi può confrontando l' allontanamento, che i raggi avrebbero alla diſtanza *d*, *Fig.* 25. ſe non aveſſero incontrato lo ſpecchio, con quel che hanno nell' occhio dopo la rifleſſione: il che fa, che il loro punto di riunione *a*, dove ſta l' immagine del punto A, ſi ritrova dietro la ſuperficie riflettente aſſai più lontano, che non lo è l' oggetto pel davanti, e lo ſteſſo dicaſi di tutti gli altri punti a proporzione: Locchè rende la ſituazione dell' immagine conforme a quella del corpo da eſſa rappreſentato.

Quanto alla grandezza dell' immagine, ella viene accreſciuta, perchè, come più ſopra oſſervai, e provai colla IX. Eſperienza, que' raggi, che ſono alquanto convergenti nella loro incidenza, lo divengono di più, ſe ſono rifleſſi da uno ſpecchio concavo: Così gli aſſi delle due piramidi A *e*, B *f*, i quali per loro natural convergenza tendono ad unirſi in *d*, e farebbero vedere direttamente

l' og-

l'oggetto sotto l'angolo A*d*B, rappresentano la sua immagine sotto l'angolo *a*D*b*, ch'è più grande assai, per cagione della loro riflessione dallo specchio concavo prodotta, la quale di molto avvicina il loro punto di convergenza.

Uno specchio concavo, che abbia poca curvità, porge assai fedelmente la figura d'un picciolo oggetto; ma non è già così, se sia molto profondo relativamente al suo diametro, o che l'oggetto sia grande. Perchè d'ordinario le dimensioni di questo non essendo parallele alla superficie riflettente, ed i punti visibili rappresentandosi a distanze proporzionate al grado di lontananza, che hanno avanti allo specchio, egli è forza, che l'immagine risultante da tutte queste particolari rappresentazioni faccia vedere in linee curve ciò, che allo specchio si presenta in linee rette, o quel che è lo stesso, che la figura apparente non sia conforme alla figura reale dell'oggetto.

Si fanno degli specchj concavi di vetro, come se ne fanno dei convessi, prendendo un pezzo di cristallo alquanto spesso, di cui si lascia una faccia diritta, lavorando dall'altra parte per renderla convessa; indi s'incrosta quest'ultima superficie applicandovi una foglia di stagno mescolato col mercurio, come si pratica co' cristalli ordinarj: questa intonicatura pigliando una forma concava dalla parte del vetro, che la riceve, ha tutte le proprietà degli specchj, di cui ultimamente ho parlato, con ciò solamente, che la spessezza del vetro essendo molto grande nel mezzo, e mediocre assai negli altri siti cagiona diminuzione di luce, ed alcune irregolarità ne' suoi movimenti.

Se ne fanno di più regolari e più grandi con pezzi di cristalli ritondati circolarmente, a' quali si fa prendere una forma conveniente mettendoli di-

distesi sur un modello sfericamente concavo, in un forno fatto espressamente, e che si riscalda insinoachè ammollito il cristallo siasi esattamente applicato al cavo preparato di sotto per riceverlo. Quest' arte ebbe principio in Inghilterra; e venti anni sono mi si mostrarono in Londra dei cristalli in questa guisa curvati, aventi due piedi di diametro: poco dopo ne feci fare de i simili nella nostra manifattura di S. Gobino (*a*): presentemente se ne incurvano anche dei maggiori sì nell' Inghilterra, che nella Francia. Il Sig. de Buffon ne mostrò uno qualche tempo fa all' Accademia dellé Scienze, il cui diametro era di 3. piedi, e che era stato preparato nel Giardino Reale.

Quello, che ha di più difficile la costruzione di questi specchj concavi, che si fanno con i cristalli, massime se son grandi, e d' una curvatura considerabile, si è di ben ripulire la superficie convessa in modo, che non vi rimangono nè macchie, nè errori considerabili. Non è quì il luogo di entrare su di ciò in più minuta spiegazione: dirò solamente in generale in qual modo vi lavorino gli Operaj Inglesi, che non vollero confidarmelo, perciocchè si trattava in quel tempo di un segreto.

Prendesi un gran pezzo di traliccio forte, o raddoppiato quanto fa d' uopo, si arritondisce, e se ne forma un gran cerchio che deve avere quasi due volte tanto di diametro, quanto ne ha il cristal-

(*a*) Questi cristalli furono allora incurvati dal Sig. Martino de Bernieres Controlore della Manifattura: d' allora in poi se ne incurvarono di molto più grandi dal Sig. Romilly, attualmente Direttore della medesima.

ſtallo, che ſi vuole ſtagnare; vi ſi fa tutto all' intorno un forte orlo, e vi ſi attacano di due in due pollici de' cartoni, co' quali mediocremente ſi tende in un telajo circolare, o ſolamente ottogono, poſto orizzontalmente, e ſoſtenuto all' altezza ordinaria d' una tavola: ſi ſtende poſcia ſu queſto traliccio la foglia di ſtagno, che ſi ravviva di mercurio giuſta la pratica ordinaria, e ſi pone ſopra la parte conveſſa del criſtallo, che facendo col proprio peſo, o con quello che vi ſi aggiugne, piegar la tela, e l' intonico, di cui è coperta, eſattamente vi ſi applica, ed in maniera, che l' aria, e quel di troppo che vi è di mercurio, riſale da ſe verſo gli orli a miſura, che il criſtallo s' inoltra.

Queſti ſpecchj hanno su que' di metallo due conſiderabili vantaggj; eſſi rifiettono maggior numero di raggi di luce, e ſono quindi capaci di maggiori effetti, sì per formare de' foci abbrucianti, che per rendere le immagini degli oggetti: in ſecondo luogo meglio conſervano la pulitezza loro, ed il brillante della loro ſuperficie, locchè non obbliga a farvi delle riparazioni, che poſſono col tempo alterare la figura dello ſpecchio, e renderla irregolare. Queſt' ultima rifleſſione aveva determinato Newtono a coſtruire di vetro gli ſpecchj del ſuo teleſcopio di rifleſſione; ma per quanto ſi affaticaſſe per trovare e per farne giuſtare i mezzi, gli Operaj hanno trovato tante difficoltà nella eſecuzione, che vi hanno rinunziato: tutta l' applicazione loro è oggi d' impiegare un metallo aſſai denſo per eſſere ben pulito, e talmente compoſto, che la ſua ſuperficie ben lavorata non ſi guaſti, ſe non dopo un lunghiſſimo tempo.

I grandi ſpecchj di metallo meritano altresì

per

per alcune ragioni di essere preferiti a quelli di vetro: sono essi meno casuali, e come le due superficie possono ugualmente ripulirsi, ciascuno di essi fornisce due specchj, l' uno concavo, e l' altro convesso della grandezza medesima.

Quando non si tratta, che di raccogliere i raggi Solari in un picciolo spazio, per farvi nascere un grado di calore molto notabile, possono formarsi degli specchj concavi con varj piccioli specchj piani accomodati in un telajo, ed inclinati fra loro in conveniente maniera, come l' ho fatto conoscere nella XIII. Lezione; ma per gli effetti d' Optica, de' quali si è ultimamente fatta menzione, richiedesi necessariamente una concavità eguale ed uniforme, che le parti, che la compongono, sieno faccette così picciole, che l' occhio non ne possa distinguere l' estensione, e che dall' una all' altra l' inclinazione sia assolutamente insensibile. Senza queste condizioni in vece d' una sola immagine, tante se ne formano, quanti sono gli specchietti piani; o se ciascuno di essi non è assai grande per rappresentare intera l' immagine, tante immagini tronche si fanno, quanti sono i pezzi dello specchio.

Se guardando la parte concava d' un cucchiajo nuovo, o d' una cassettina d' orologio, o di qualche altro vaso di metallo, la cui superficie sia acconcia a riflettere molta luce, si vede il proprio volto rovesciato, o si distingue qualche altro degli effetti, che hanno correlazione alle tre ultime nostre Esperienze; egli è, perchè tutte queste sì fatte superficie sono tanti specchj concavi, per la maggior parte irregolari, ma che non lasciano però di fare all' ingrosso ciò, che con esattezza produrrebbe una curvità più conforme alle regole.

OS-

OSSERVAZIONI

Sopra gli Specchj Misti.

IO chiamo *Specchio Misto* quello, che in un senso è retto, e curvo nell' altro, sia che la curvatura si presenti per la convessità, sia che si presenti per la concavità. Tali sono gli specchj conici, e quelli, che sono parti di cilindri segati parallelamente all' asse. Sono essi istromenti di mera curiosità, per mezzo de' quali si formano delle immagini, che offrono allo spirito un oggetto, che uno rimane sorpreso di non vedere innanzi allo specchio, o per i quali si rende inconoscibile nella sua rappresentazione un oggetto cognito, che esposto vi si trova. Notissimi sono que' cartoni dipinti, sui quali veggonsi delle figure, difficili ad intendersi, e che ad un tratto, ed all' improvviso si riconoscono quando vi si applica lo specchio, che loro conviene. Si sa altresì, che guardando il proprio volto in sì fatti specchj, veggonsene le fattezze in uno strano disordine.

Per dar ragione di questi effetti, e di alcuni altri, che anche osserveremo, conviene considerare, che tali specchj essendo retti in una delle loro dimensioni, nella loro altezza per esempio, quanto vi si passa di giù in sù dev' essere onninamente conforme a quanto s'è per noi insegnato intorno gli specchj piani, che sempre abbiamo rappresentati per linee rette. Deesi poscia por mente, che tutte le linee rette, che si possono di giù in sù concepire, non essendo ordinate in uno stesso piano, ma formando una superficie curva nella sua larghezza, quanto si passa riguardo a quest' ultima dimensione, deve spiegarsi come gli effetti degli specchj concavi o convessi, da noi per linee circolari rappresentati.

Supponiamo dunque primieramente, che F G, *Fig.* 26., ſia lo ſpecchio cilindrico conſiderato ſolamente ſecondo la ſua altezza, e che A F ſia un oggetto in varie parti diviſo ſecondo la ſua lunghezza: poichè F G è uno ſpecchio retto, come tale riguardar ſi deve, i punti *a*, *b*, *c*, *d*, *e* dell' immagine deono eſſere in pari diſtanze gli uni dagli altri, come A, B, C, D, E lo ſono nell' oggetto, per le ragioni allegate alla pag. 84. e fatte intendere per le *Fig.* 7. 8. 9. Vale a dire, che ciò che ſi vede in uno ſpecchio cilindrico conveſſo non cangia di figura nella ſua altezza, o per parlare più eſattamente, in quella delle ſue dimenſioni, che perpendicolarmente ſi preſenta alla ſuperficie dello ſpecchio di giù in sù conſiderata.

In ſecondo luogo, ſe ſi conſidera quello, che ſi paſſa nella larghezza *q t y* dello ſpecchio, *Fig.* 27., penſar ſi deve, che i raggi incidenti A *q*, L *r*, M *s*, N *t*, ec. eſſendo rifleſſi verſo Z, dove ſta l' occhio, fanno vedere le parti del diſegno A, L, M, N, ec. nello ſpazio *a f*, e che deve accadere lo ſteſſo a tutti i punti viſibili, che ſaranno nelle altre linee concentriche alla ſuperficie dello ſpecchio, B Q G, C R H, ec. dal che egli è facile il comprender, che ſe queſte parti così rinſerrate rappreſentano al naturale l' oggetto, di cui formano l' immagine, conviene neceſſariamente, che nel diſegno ſieno eſſe diſteſe in guiſa da rendere l' oggetto medeſimo inconoſcibile. Tale è una figura umana, che avendo dal capo ai piedi la lunghezza N S occupi in larghezza lo ſpazio I N F, o poco più.

Per una neceſſaria conſeguenza una figura bene proporzionata, che ſi preſenti ad un tale ſpecchio, deve produrre un' immagine affatto difforme, dovendoſi aſſolutamente una delle ſue dimenſioni rap-

rappresentare in uno spazio assai più picciolo di quello, ch'essa occupa nell'oggetto. Questa si è la ragione, per cui uno si vede il volto schiacciato, con una bocca estremamente larga, quando si tiene l'asse dello specchio cilindrico parallelamente alla posizione de' due occhi.

Se F G, *Fig.* 26. fosse uno specchio piano d'una sensibile larghezza, tutti i punti A, B, C, D, E vedrebbonsi infallibilmente nella linea *a e*, cioè in una posizione orizzontale, lo specchio essendo elevato, come si suppone, verticalmente: collo specchio cilindrico, ciocchè è disegnato sul cartone posto orizzontalmente, appare elevato quasi come *e g*: questo avviene perchè le piramidi di luce, che vengono dalle parti A, B, C, D, ec. del disegno allo specchio, non vi toccano già un solo punto, come noi supponemmo non ponendo mente che agli assi di esse piramidi, ma uno spazio sensibile, che deve considerarsi come un picciolo specchio convesso, poichè egli è curvo secondo la sua larghezza. Ora ogni specchio convesso, come ho dimostrato, avvicina le immagini verso dell'occhio aumentando la divergenza de' raggi formanti le piramidi di luce: così il punto A invece d'essere veduto in *a*, compare in *g*, e così degli altri.

Puossi ancora osservare nell'uso dello specchio cilindrico, che la dimensione *a e* dell'immagine cresce a misura che l'occhio maggiormente si eleva al di sopra del cartone, su di cui sta disegnata la figura; e ciò perchè allora l'angolo visuale diviene meno acuto, come si può vedere supponendo l'occhio situato in K; e si sa da quanto altrove insegnai, che la grandezza apparente di quanto vediamo, si calcola naturalmente sopra l'apertura più o men grande degli angoli visuali.

Lo ſpecchio conico è pure una combinazione del retto col conveſſo; ma vi ſi aggiungono delle circoſtanze, che rendono gli effetti diverſiſſimi da quelli del cilindro. Primieramente, ſiccome tutte le linee rette della ſuperficie riflettente ſono tra di loro inclinate, ed hanno un punto comune di riunione al di ſopra del piano, che ſoſtiene la diſegnata figura, lo ſpecchio poſto nel centro d' un cartone circolare ne può far vedere tutta l' eſtenſione a chiunque mette l' occhio direttamente, ed in una convenevol diſtanza al di ſopra della punta del cono; perciocchè i raggi, che partono dai punti A, B, C, *Fig.* 28. dopo aver toccato lo ſpecchio in *g*, *h*, *i*, riflettonſi verſo lo ſpettatore, e gli fan vedere le parti del diſegno nella baſe del cono. Lo ſteſſo ſi paſſa nella parte oppoſta riſpetto ai punti D, E, F; dimodochè tutto ciò che ſta delineato in uno ſpazio circolare, di cui non ſi vede quì, ſe non la metà A C G H F D, ſi rappreſenta nel cerchio, di cui *c f* è il diametro.

L' immagine per conſeguenza è aſſai minore dell' oggetto, ed aſſai più vicina all' occhio di quel che ſarebbe, ſe lo ſpecchio foſſe puramente retto. La ſuperficie dello ſpecchio conico eſſendo, come quella del cilindro, compoſta nel ſuo giro di linee circolari parallele alla baſe, ogni luogo su di cui cada un faſtello di raggi lo modifica, come uno ſpecchio conveſſo, la cui proprietà ſi è di diminuire la grandezza delle immagini, e di avvicinarle all' occhio. E perchè due ſpecchj piani inclinati l' uno verſo l' altro, come le due linee *c g*, *f g*, farebbero vedere *a*, *b*, *c*, e *d*, *e*, *f*, in un ordine direttamente contrario a quello delle parti A, B, C, D, E, F, dell' oggetto rappreſentato, quando ſi guarda ſulla punta d' uno ſpec-

ſpecchio conico, conviene aſpettarſi di ritrovare nel centro dell' immagine ciò, che ſta diſegnato nella circonferenza eſteriore A H D del cartone, e le eſtremità di queſta ſteſſa immagine composta delle parti, C, G, F, ec.

Ma quello, che queſta ſpezie di ſpecchio ha di particolare, ſi è, che la ſua curvità va ſempre creſcendo dalla baſe inſino alla cima; e queſta ſeconda circoſtanza merita d' eſſere avvertita, perciocchè più d' ogni altra contribuiſce a rendere l' immagine diverſa dall' oggetto, che l' ha fatta naſcere. Le parti del diſegno rappreſentandoſi al contrario nello ſpecchio, quelle, che più ſono diſcoſte l' una dall' altra ſul cartone, ſono altresì le più vicine nella rappreſentazione: in ſomma tutto ciò, che contiene il cerchio A H D, ec. ſi raccoglie per così dire in un punto; B I E, ec. è meno riſtretto, e C G F, ec. occupa la circonferenza eſteriore dell' immagine. Quindi ſi vede, che ſe le parti di detta immagine ſi moſtrano in un ordine, e con diſtanze convenevoli, per rappreſentare un oggetto conoſciuto, conviene che eſſe abbiano nel diſegno delle poſizioni contrarie, e delle diſproporzioni di grandezza, dal che riſulta un tutto, che non ſi riconoſce; e queſt' effetto dello ſpecchio, che rende all' immagine ciò che non ha il diſegno, proviene dal cadere le parti più diſcoſte, A, H, D ſopra una zona dello ſpecchio, dove la curvità è la più forte, e che facendo le veci d' uno ſpecchio molto conveſſo, le riſtringe più che le altre. Gli ſminuimenti di detta curvità dalla punta inſino alla baſe del cono, eſſendo in una conveniente proporzione colla diminuzione de' circoli concentrici, ſopra i quali le diverſe parti del diſegno ſituate ſi trovano, egli ne avviene, che queſte medeſime parti ricevono

nell' immagine una disposizione regolare, e quale loro è necessaria per rappresentare correttamente un certo dato oggetto.

Per necessaria conseguenza di quanto ho detto intorno allo specchio conico, le parti d' un oggetto, o d' un disegno regolare devono rappresentarvisi in un ordine rovesciato, e con disproporzioni e di distanze, e di grandezze, che lo rendano affatto difforme. Un uomo, per esempio, vi vede il proprio volto con una bocca, che fa tutto il giro dell' immagine, mentre le orecchie diminuite eccessivamente sono l' una all' altra soprapposte vicino al centro.

Gli specchj sì cilindrici, che conici sono per l' ordinario convessi: se ne potrebbero fare dei concavi, e si spiegherebbono nell' istesso modo gli effetti loro, distinguendo ciò, che dipende dalle proprietà dello specchio retto, da ciò che appartiene allo specchio sferico concavo, di cui abbiam parlato di sopra: ed in generale, siccome gli specchj misti non possono esser composti, salvo di linee rette in un senso, e di linee curve nell' altro, quand' anche queste curve non fossero archi di circolo, fondandosi su questo primo principio, che *la luce si riflette facendo il suo angolo di riflessione uguale a quello della sua incidenza*, sempre si giungerebbe a veder l' influenza, o la parte, che dette curve aver potrebbono nell' effetto totale.

ARTICOLO TERZO.

Della Luce rifratta, o sia de' principj della Diottrica.

LA rifrazion della luce, come già accennai nel principio dell' Articolo precedente è uno sviamento, che i suoi raggi patiscono in certi casi, da un mezzo in un altro passando. Quest' effetto

fu

fu dagli antichi osservato, i quali però non vi s' internarono, perchè non ne sentivano l' importanza; e perchè non potevano colle idee, che avevano della propagazion della luce, e della visione degli obbietti. L'invenzione degli occhiali a cui la teoria delle rifrazioni ci avrebbe senza dubbio condotti, se il caso non l' avesse prevenuta in nostro favore, fece conoscere ai Mattematici, ed agli Astronomi soprattutto, quanto fosse necessario lo studiare questo fenomeno, ed il fissarne le leggi: Si può dire, che solo dopo quest' epoca vi fu posto studio con qualche rilevante profitto. Snellio valendosi delle esperienze, e delle congetture di Kepler si è di molto avanzatto in cotali ricerche, ed il Cartesio vi diede, per così dire, l' ultima mano. Il suo trattato della Dioptrica è un capo d' opera, avuto riguardo al tempo, in cui comparve alla luce.

La rifrazione, di cui si tratta ora, non si osserva che ne' mezzi trasparenti, cioè in quelli che la luce penetra conservando l' azione, per cui ella rende visibile se stessa, e ci fa vedere gli altri corpi; perchè può accadere che un raggio si divida dopo di esser entrato, e che varie delle sue parti si gettino alla destra, o alla sinistra senz' ordine veruno, noi non baderemo, se non a quelle, che rimarranno unite, ed avranno conservato un movimento regolare nel mezzo rifrangente.

Io considero i mezzi trasparenti, solidi, o fluidi, come masse, i cui pori regolarmente livellati, in ogni maniera di direzioni sono ripieni di quel fluido sottile, che finora noi abbiamo apellato *materia della luce*. Qualora tali corpi sono del tutto immersi in altri mezzi trasparenti, come loro, benchè di nature diverse, io penso che la luce esteriore da un astro, o da qualche corpo

infiammato animata, comunichi la propria azione a quella di dentro, la quale vicendevolmente la trasmette insino all' opposta superficie, non altrimenti che passi il suono dall' una all' altra parte d' un bosco, senzachè si mova dal luogo suo l' aria sonora, che sta fra gli alberi. Così, torno a ridirlo, quando io dirò che un raggio *passa* dall' aria nell' acqua, nel vetro, ec. ch' egli *si piega*, *si svia*, *si rifrange*, *si avvicina*, *si allontana*, tutto questo devesi intendere non già d' una traslazione reale della materia stessa della luce, ma del progresso dell' azion sua, o de' cangiamenti delle sue direzioni.

La luce si rifrange in queste due circostanze unite; cioè quando passa d' un mezzo in un altro più o meno denso, e la sua direzione è obliqua al piano, che separa i due mezzi; vale a dire che con qualunque direzione si voglia il raggio di luce non soffrirebbe rifrazione veruna, se uscendo dall' aria, per esempio, entrasse in una materia diafana, la quale non fosse per lui nè meno, nè più penetrabile che il detto fluido; e che quand' anche vi fosse una differenza di penetrabilità fra i due mezzi, il raggio di luce gli attraverserebbe in retta linea, se quando esce dall' uno cadesse perpendicolarmente sulla superficie dell' altro. Si osserverà, che la luce ha questo di comune con tutti li corpi, se non si è dimenticato ciò, che ho insegnato intorno alla rifrazione (*a*) in generale, trattando delle leggi del moto.

Non è ancora ben chiaro qual sia la vera ragione della rifrazione della luce: i pareri de' Fisici variano di molto su questo punto; ma se ne conoscono bastantemente le leggi, ch' è quello, che più importa imparare, per essere tutti fatti, i qua-

(*a*) III. Lez. Tom. I. pag. . . . e seg.

quali servono di fondamento alla Dioptrica, e da cui derivano tutte le spiegazioni, di cui avremo in questa parte bisogno. La seguente Esperienza ce le porrà sotto agli occhi.

PRIMA ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Conviene avere una piastra quadrata di legno, o di metallo, ben lavorata, tinta in bianco, e di grandezza tale, che vi si possa delineare in nero un circolo di 20. pollici di diametro in circa, colle linee e divisioni, che appajono nella *Fig.* 2. Devono in oltre esservi ai quattro angoli delle viti, che ne attraversino tutta la spessezza, per mezzo delle quali si possa fermare, e metterla a livello sopra una tavola in forma di cheridone, che si alzi, e si abbassi a piacimento, e che si giri orizzontalmente su d'un perno, *Fig.* 2.

Si colloca questo apparecchio in una camera oscura, dove col mezzo d'uno specchio piano di metallo situato al di fuori della finestra si fa entrare con una direzione orizzontale, dei raggi Solari per un'apertura di tre pollici di altezza, e d'uno di larghezza, fatta nel legno di essa finestra.

Questa luce è dapprima ricevuta sopra una piastra verticale di rame sottile, posta alla circonferenza del gran circolo, ed avente un'apertura alquanto men lunga, e men larga di quella dell'altra, per diminuire alquanto il getto di luce. Questa piastra viene a parte rappresentata per la *Fig.* 3.

Siccome la tavola, con tutto ciò ch'essa porta, si può muovere in giro orizzontalmente, la piastra verticale cangia di sito quanto si vuole sopra la circonferenza del circolo, egli è facile il condurre il getto di luce successivamente per tutti i raggi del quarto di circolo O C P.

f, *g*, *h*, Fig. 4. è una caſſa lunga 10. pollici, ed avente 4. pollici sì di altezza, che di larghezza; ella è in alto interamente aperta, i quattro lati ſon fatti di laſtre di rame, ed il fondo è un criſtallo traſparente, commeſſo col maſtice. Nel terzo della ſua lunghezza il lato *g g* ha un' apertura del tutto ſimile a quella della piaſtra verticale; e perchè la caſſa poſſa contenere dell' acqua, detta apertura vien coperta da un pezzo di ſottil vetro attaccato col cemento.

Finalmente la *Fig.* 5. rappreſenta un quadrato di criſtallo puriſſimo, e ſenza bollo, i cui lati ben piani e paralleli tra loro hanno ciaſcuno 3. pollici di lunghezza, e la ſpeſſezza del vetro è circa due pollici.

Queſte due ultime macchine collocanſi l' una dopo l' altra nel ſemicircolo C *p* R, dimodochè il lato *g h* ſia ſopra la linea O R, e la linea *i k* cada direttamente ſul punto C. Quando ſi adopera la caſſa, ella ſi riempie d' acqua limpida inſino alla metà della ſua altezza e ſi guarda perpendicolarmente pel di ſopra, a fine di riconoſcere il luogo, dove corriſponde il raggio di luce ſul quarto di circolo C *p* R.

EFFETTI.

1. Se il getto di luce diretto come A C incontra l' apertura *i k* della caſſa, egli ſi divide in due parti l' una delle quali paſſa al di ſopra della ſuperficie dell' acqua, e perviene in B, ſeguendo la prima ſua direzione; l' altra s' immerge nell' acqua, è s' inclina nell' entrare verſo la linea C *p*, ch' è perpendicolare al lato *g h*.

2. Si vede ſuccedere lo ſteſſo effetto, quando il raggio cade meno obliquamente su *g h*, come per le linee D C, E C, ſe non ch' è meno grande; vale a dire, che il raggio rotto ſembra meno lon-

lontano dalla primiera ſua direzione : e queſto medeſimo effetto diviene aſſolutamente nullo, quando il raggio cade a perpendicolo, come P C; perchè allora il getto di luce più non ſi divide; la parte che paſſa nell'aria non men di quella, che attraverſa l'acqua, ſegue ugualmente la direzione C p.

3. Lo ſteſſo è, qualora ſi ſoſtituiſce il quadrato di vetro alla caſſa, che contiene l'acqua: ſolo di più ſi oſſerva, che la rifrazione ſofferta dalla luce nell'entrare nel vetro è più forte in tutti que' caſi, in cui eſſa ha luogo, che nell'acqua pura.

4. Ma benchè la rifrazione ſia minore, a miſura che il raggio incidente men obliquo diviene alla ſuperficie del mezzo rifrangente, ſi trova ſempre una coſtante proporzione fra l'angolo a C p, e quello d'incidenza A C P. Queſta proporzione ſi conoſce dal confronto delle linee $a\ d$, e A e, che ſono i ſeni degli angoli di rifrazione d'incidenza, e che ſi poſſono vedere a traverſo dell'acqua, e del vetro, ond'è formato il fondo della caſſa. L'eſperienza dimoſtra, che la prima ſta alla ſeconda nella proporzione di 3. a 3. quando il mezzo rifragente è acqua comune, e preſſo a poco come 2. a 3. quando è vetro, e che nell'uno, o nell'altro caſo il raggio incidente vien dall'aria. (a)

5. Un raggio rifratto in a, o in qualunque altro ſito, e riſpinto in C da uno ſpecchio piano o per qualche altro mezzo, non proſegue queſta ſtrada in linea retta, ma ſi ſcoſta dalla perpendicolare P C, qual-

(a) Queſte proporzioni non ſi deono per ora prendere ſtrettamente: ſi daranno più eſattamente, quando parleremo del diſcioglimento della luce, e de' diverſi gradi di rifrangibilità de' ſuoi raggi.

e ritorna precisamente in A, donde erasi dapprima partito; locchè ha luogo in tutti i casi.

Leggi della rifrazione della Luce.

Noi possiamo didurre dai risultati della nostra Esperienza, le seguenti proposizioni, che d'ora in poi riguarderemo come altrettante leggi, o come tanti punti fissi, ai quali si appoggerà tutto ciò, che abbiamo a dire intorno gli effetti della luce rifratta.

I. Legge. I raggi della luce si rifrangono sempre, qualora passano obliquamente d'uno in altro mezzo, ch'è d'una densità, o natura diversa.

II. Legge. Quando la luce si rifrange, passando d'ún mezzo raro in un mezzo più denso, (*a*) l'angolo di rifrazione è minore dell' angolo d'incidenza, e reciprocamente, ec.

III.

(*a*) Questa legge patisce delle eccezioni. La maggior parte delle materie crasse o solfuree, che sono trasparenti, rifrangono la luce più fortemente, che non si dovrebbe sperare, se alla loro densità si avesse solamente riguardo. Due sono in esse le cagioni di rifrazione, l'una unita alla loro densità, l'altra dipendente dalla loro particolare natura: questa può in soprabbondante maniera supplire a quanto non può far l'altra, o produrre una giusta compensazione. Quindi può avvenire, che la luce passando d'un mezzo raro in un mezzo più denso, faccia il suo angolo di rifrazione maggior di quello della sua incidenza, o che gli faccia amendue uguali, cioè ch'essa non si rifranga: se ne potrebbono anzi allegare degli esempj, il ch'è contrario alla lege naturale; ma perchè questa legge è vera ne' casi più ordinari massime per i corpi, ne' quali più ne importa di seguire i mori della luce, noi sempre riguarderemo la proposizione generale, come un principio di Dioptrica.

III. LEGGE. Quantunque la rifrazione della luce divenga più o meno grande, sia pel grado d'obliquità dell'incidenza del raggio, sia per la natura del mezzo rifrangente, i seni però degli due angoli, di rifrazione, e d'incidenza, rimangono sempre in costante proporzione.

IV. LEGGE. La rifrazione come la riflessione non altera sensibilmente l'attività della luce; poichè un raggio rifratto, si costringa a ritornare sopra di se medesimo, ripiglia nell'uscire dal mezzo rifrangente la direzione, che aveva nella sua incidenza, come s'è veduto pel 5. risultato, e come ciascuno può meglio accertarsene, moltiplicando detta prova sul raggio stesso.

V. LEGGE. Il raggio rifratto, ed il raggio incidente si trovano sempre in un piano stesso, ch'è perpendicolare alla superficie del mezzo rifrangente.

SPIEGAZIONE.

Riguardando i risultati ultimamente veduti, come tante Leggi, o tanti principj dedotti immediatamente dall'esperienza, potrei dispensarmi dal cercarne le ragioni, senzachè facesse ciò torto alle verità, che ho in pensiero di dedurne: ma per soddisfare al Leggitore curioso di sapere ciò, che si è pensato su questo soggetto, anzichè per isperanza ch'io mi abbia di rischiararlo perfettamente, credo di dovere all'ingrosso riferire le opinioni de' migliori Fisici de' partiti contrarj.

Considerando il Cartesio, che la rifrazion della luce si fa per lo più in senso contrario di quella degli altri corpi, e sapendo di certo, che una palla di fucile lanciata obliquamente dall'aria nell'acqua non fa il suo angolo di rifrazione maggior di quello della sua incidenza, se non perchè alla superficie del mezzo il più denso il suo moto d'al-

to

to in basso è più ritardato di quello, ch'ella ha per avanzarsi parellelamente alla detta medesima superficie, formò questo raziocinio: " Poichè una „ palla di metallo, o qualunque altro corpo so„ migliante venendo in C, *Fig. 6*, si risrange „ nell'avvicinarsi a C*d*, perchè l'acqua, in cui „ entra resiste più che l'aria, donde esce, al „ moto, ch'essa ha per discendere; un raggio di „ luce, che nelle stesse circostanze verso CP si „ piega, deve indurci a credere, che l'acqua me„ no dell'aria gli resista „. Questo Filosofo vedendo ancora che la rifrazione della luce era più grande del vetro, che nell'acqua, conchiuse tosto, ed in generale, che quanto maggiore era la densità de' corpi trasparenti, tanto più la luce vi esercitava i suoi movimenti liberamente; nel che senza dubbio un po' troppo si affrettò, non prevedendo mica le eccezioni, che si trovarono dappoi, e di cui nell'ultima annotazione ho fatta menzione.

Questa supposizione, benchè ne venisse in conseguenza, rivoltò allora assaissimi spiriti, ed anche in oggi pochi son quelli, che non ripugnino ed ammetterla, perchè non conoscendo lo stato interiore de' corpi diafani, nè in qual modo precisamente essi ricevono e trasmettono l'azion della luce, si ragiona sopra esempli, e comparazioni ripiene di disparità; perciocchè non v'ha fluido, che si possa colla luce paragonare, e la trasparenza dei corpi, a traverso de' quali essa passa, è diversa totalmente da ciò, che *permeabilità* si appella in quelli, che sono opachi.

Ecco a mio parere quello, che ha quest'opinione contro di sè di più forte: egli è il pregiudicio, che un corpo non possa giammai offerire più liberi passaggi ad una straniera materia, quando i vuo-

i vuoti, che sono fra le sue parti proprie, diminuiscono di numero, o di grandezza, come accade nel caso d'una maggior densità.

Ma questo pregiudicio, per quanto egli si sia forte, può forse contro a fatti evidenti sostenersi? Non è forse dimostrato, che l'azione della luce uscendo dall'aria si accelera penetrando nell'acqua, quando si vede ch' essa non impiega per passare in C in *a*, se non il tempo, che avrebbe messo a scorrere C B, se aveste proseguito ad attraversare dell'aria? Del resto una più grande trasparenza non è forse un segno infallibile d'una maggiore permeabilità, in riguardo alla luce? Pure in molte occasioni noi veggiamo, che un corpo per essere più denso d'un altro, non è però meno proprio a lasciar passare la luce: basta confrontare a questo riguardo un diamante d'una bell'acqua con un pezzo di vetro della medesima spessezza; si vedrà indubitatamente, che questo, benchè più poroso, poichè egli è specificamente più leggere, non è però mai d'una trasparenza così perfetta.

Ma perchè mai l'acqua più densa dell'aria è più permeabile alla luce?

Risponde il Cartesio, ciò essere perchè una massa d'aria è composta di parti remote, meno proprie a lasciare fra di loro dei passaggi in rette linee, che quelle dell'acqua, le quali hanno delle superficie liscie, ed una figura, con cui si dispongono in tal maniera, che ne risulta una porosità conveniente alla propagazione della luce.

Questa risposta non può essere accolta, se non come una conghiettura, anche molto infelice. Il Filosofo, che ce la proprone, non l'avrebbe certamente arrischiata, se avesse saputo che la maggior parte degli oglj meno densi dell' acqua, rifrangono contuttociò più fortemente di essa la luce, ch'esce dell'

dell'aria: perciocchè inerendo alle sue proprie idee noi dobbiamo credere, che tutte le materie grasse hanno delle parti ramorute, il che ci mette in diritto di dire, o che il moto della luce non accelera nell'acqua, per la ragione che le parti di questo liquido non sono ramose, come quelle dell'aria, o che i corpi più grassi, che rifrangono la luce ugualmente o più che l'acqua, non hanno, come supponesi, delle parti meno liscie, e meno sciolte delle sue.

I Fisici, che tengono il principio delle attrazioni, riconoscendo con i Cartesiani, che il moto della luce è accelerato, quando essa dall'aria passa nell'acqua, rispondono affatto diversamente da loro, qualora si chiede qual sia la causa di quest'acceleramento. Attribuiscono essi quest'effetto alla virtù attrattiva dell'acqua, la quale più forte di quella dell'aria costringe l'estremità C del raggio incidente ad inclinarsi alquanto più che non è inclinata per la sua natural direzione, ed a tendere al punto *a* invece di continuare in retta linea verso B. E siccome l'attrazione è una potenza, che cresce come la densità de' corpi, ne' quali risiede, ed a misura che la distanza diminuisce tra quel corpo, e quello ch'è attratto, ne siegue in primo luogo, che il vetro più dell'acqua deve accelerare il moto della luce, che viene dall'aria, come dimostra l'esperienza: in secondo luogo, che il raggio incidente deve crescere di velocità a misura che più si accosta al mezzo rifrangente il più denso; il che deve fargli prendere dell'acceleramento; ed una piccola curvità, che non si distingue, ma si deve però supporre, quando si ragiona su questi principj.

Se alcuno si è determinato intorno a questo modo di filosofare, ed ha una volta per sempre ammesse

messe delle virtù attrattive, e repulsive nella materia, io non lo consiglierò già a mutar d'opinione in questo caso; confesso, che i Neutoniani si sbrigano molto bene, quando si tratta di rendere ragione de' diversi effetti, che nelle rifrazioni della luce si osservano: ma chiunque sarà libero da ogni passione mi concederà certamente, ch' essi non lo fanno senza difficoltà: il Lettore potrà giudicarne da quel che segue.

Neutono ritrovò per esperienza un certo numero di corpi tanto solidi che liquidi, i quali con meno di densità che l'acqua ed il vetro, rifrangono ugualmente o più di essi la luce, che dall' aria ricevono. Egli ha in una parola riconosciuto, che l'acceleramento della luce, che penetra in queste sostanze, è maggiore di quello che dovrebb' essere, avuto riguardo alla sola densità loro. Che si può ridir mai su di questo, quando si è principiato dall' attribuire l'acceleramento del raggio rifratto all' attrazione del mezzo rifrangente, e che si è data la densità per misura di tale virtù? Il caso è un poco imbrogliato per chiunque si è fatto una regola di andar ritenuto nelle ipotesi. Ecco lo scioglimento, che si dà di questa difficoltà. Ne' corpi, de' quali si tratta, trovansi, dicono essi, due sorti di virtù attrattive, l'una va unita alla densità, l'altra è un ente ignoto, che va unito alla natura particolare di ciascuna di quelle sostanze. Probabilmente voi non lo conoscerete giammai, se non se pel nome generico che gli si dà, e per le funzioni, che gli si attribuiscono: ma sarete indennizzato di quanto vi si lascia a desiderare, soltantochè non v'incresca dar di mano alla calcolazione; perciocchè vi si farà vedere esattissimamente, quanto esso influisca su questa, o su quella rifrazione.

Ciò che da questo risulta, si è che i Neutoniani, e i Cartesiani vanno d'accordo su questo punto, che la luce riceve un acceleramento di velocità nel passare dall'aria nell'acqua, nel vetro, ed in molti altri mezzi più densi, e che intorno alla cagione di questo acceleramento non ci illuminano gli uni più degli altri. Perchè l'allegare, come fanno i primi, l'attrazione, egli è servirsi di un principio, che molti non ammettono, e che ha bisogno in parecchi casi di supplemento; il dire poi cogli altri, che la luce si accelera, perchè passa più liberamente, egli è quasi un dare per ragione d'un fatto il fatto stesso, di cui si cerca la spiegazione.

Egli mi par nondimeno, che a torto ai Cartesiani si opponga, che un passaggio più libero nell'acqua, nel vetro ec. quando però fosse dimostrato, non basterebbe per render ragione del moto accelerato della luce. Convien porsi nella situazione d'un Cartesiano, che non considera il tragitto della luce come un moto di traslazione, ma solo come il trasporto di un'azione, che s'imprime, e si mantiene per quella del corpo luminoso, da cui procede il raggio. Ora io penso, che in un getto di luce, così considerato, che trapassa diversi mezzi, gli uni de' quali sono più degli altri acconci a conservare l'attività del suo moto, l'azione che da un capo all'altro si trasmette, può essere più pronta ne' siti, ne' quali essa ritrova meno ostacoli, che la rallentino.

Un autore di questi ultimi tempi ha preteso di spiegare la cagione delle rifrazioni della luce con dire, che i raggi incidenti si riflettono in entrando obliquamente nei pori del mezzo rifrangente. Benchè quest'opinione abbia un'aria assai naturale, non è però possibile di farla valere, se prima

non

non si dimostra, gli angoli di queste pretese riflessioni essere uguali a quelli delle incidenze in tutti que' casi, ne' quali vi ha ciò che rifrazione si chiama: e perciò convien ricorrere ad ipotesi, che difficilmente verrebbero ammesse, come sarebbe di supporre una certa direzione nella maggior parte dei pori dei corpi trasparenti; mentre le più forti ragioni c'invitano a credere, che i pori sono livellati in ogni sorta di senso; o veramente di dire che vi ha più di luce riflessa per gli pori obliqui, che non n'entra in quelli, che ricevono direttamente i raggi incidenti, il che sarebbe malagevole ad immaginare.

APPLICAZIONI.

Uno degli effetti della rifrazione, che più si osserva, e che più sorprende quando se ne ignora la cagione, si è l'inflessione apparente di un bastone, che obliquamente s'immerga nell'acqua; ciascuno sa, che in vece di comparire diritto sembra rompersi nel punto C, *Fig. 7.*, e formare l'angolo A C *b*. Se comprender si vuole in qual modo ciò arrivi, convien riflettere, che ogni punto illuminato dalla parte immersa del bastone diventa visibile per un fastello di luce, che passa obliquamente dall'acqua nell'aria, dove supponsi posto l'occhio. Ora questo getto di luce passando così da un mezzo denso in un altro meno denso, deve in questo rifrangersi, scostandosi dalla perpendicolare P D: così l'occhio vede il punto B per la piramide di luce D E, i raggi della quale convergono in *b*, che perciò diviene il luogo apparente dell'oggetto. Se voi formate lo stesso raziocinio per tutti li punti visibili, F, G, H, ec. ritroverete che le loro immagini esser deono nella linea *b* C, che fa un angolo colla parte del bastone posta fuori dell'acqua.

Nello ſteſſo tempo ſi ſpiega, come un pezzo d'argento poſto in fondo d'un vaſo, che non ſia di materia traſparente, divenga viſibile all'occhio, che non poteva diſtinguerlo, ſe coperto viene da una maſſa d'acqua d'una certa ſpeſſezza; perciocchè ſi vede, che il raggio R S, che paſſerebbe al di ſopra dell'occhio, ſe non vi foſſe rifrazione, venendo a ſcoſtarſi dalla perpendicolare P S, quando paſſa dall'acqua nell'aria, s'indirizza verſo T, e fa vedere l'immagine dell'argento in *r*, come ſe l'oggetto elevato ſi foſſe.

Noi vediamn dunque al di ſopra del ſuo vero luogo quanto nell'acqua per obliqui raggi diſtinguiamo; ed a queſto ſi deve por mente, qualora ſi tira ſur un peſce di qualche ſtagno, perchè ſicuramente anderebbe a vuoto il colpo, tirando nel ſito, in cui ſi vede, per due ragioni: 1. Perchè egli è più baſſo che il luogo, in cui ſembra eſſere: 2. Perchè la palla ſoffrendo una rifrazione in ſenſo contrario di quella della luce, ſi eleva neceſſariamente al di ſopra della direzione, che ſi ha intenzione di darle.

Siccome noi ſtando nell'aria vediamo nell'acqua degli oggetti, che gli orli del bacino ci terrebbero aſcoſi, ſe la luce, che ne viene non pariſſe rifrazione, paſſando dall'uno di queſti mezzi nell'altro, così reciprocamente gli animali, che ſtando ſotto l'acqua, guardano nell'aria per raggi obliqui, diſcuoprono quello, che certo non ſarebbe a portata de' loro occhi, ſe doveſſero vedere ſolamente per raggi diretti. L'occhio in R ſituato diſtingue ciò ch'è in T, come quando ſta in T vede ciò ch'è in R: ma in vece di riferirlo al ſuo vero luogo, lo giudica in *t*.

Queſt'ultima oſſervazione è di molta conſeguenza per l'Aſtronomia; perciocchè ne ſegue, che noi

noi veggiamo gli aſtri ſull' orizzoute mattina, e ſera qualche tempo prima, che vi ſieno pervenuti, e dopo che ſono tramontati; perchè l'atmosfera terreſtre un mezzo eſſendo più denſo di quello, per di cui paſſa la luce degli aſtri, prima di giungervi, il raggio, che parte dalla S, *Fig*. 8. quand' eſſa è ancora ſotto l'orizzonte H *h*, queſto raggio, dico, che paſſerebbe in retta linea verſo V, venendo a rifrangerſi in *c*, avvicinandoſi alla perpendicolare *pp*, perviene all' occhio dello Spettatore, che in *t* ſi ſuppone, e gli fa vedere la ſtella, come ſe queſta foſſe in S al di ſopra dell' orizzonte.

Dopo il levar dell' aſtro, il ſuo apparente luogo varia ancora dal ſuo luogo reale per la ſteſſa ragione: ma a miſura che ſi eleva, l' effetto va ſempre decreſcendo; perchè l' incidenza de' ſuoi raggi R *r*, X *x*, divenendo di meno in meno obliqua alla ſuperficie dell' atmosfera terreſtre, la rifrazione men grande diviene a proporzione, finchè finalmente l' aſtro pervenuto al Zenith, o ad un' altezza, che vi ſi approſſimi, i ſuoi raggi, come Z *z* cadono direttamente, o quaſi, e lo rappreſentano nel vero luogo, in cui è.

Quello che ora diſſi come di paſſaggio delle aſtronomiche rifrazioni, ſuppone che l' atmosfera terreſtre ſia un mezzo più rifrangente, o più denſo di quello, che riempie l' immenſo ſpazio de' Cieli; ed è una coſa, di cui poſſiam eſſer certi, primieramente per l'apparizione degli aſtri, che il mattino coſtantemente precede quella, che ci annunzia un eſattiſſimo calcolo, quando non ſi conſidera, che la durata della loro rivoluzione. In ſecondo luogo per molte immediate Eſperienze fatte da eccellenti Fiſici in diverſi tempi, ed in luoghi

diversi (*a*) per le quali procurarono di fissare il rapporto dei seni degli angoli d' incidenza, e di rifrazione *totale*, pei raggi di luce, che passano dall' etere in tutta la spessezza dell'atmosfera terrestre.

Dico la rifrazione totale, perchè il raggio rifratto dall'aria dell' atmosfera non segue una sola linea retta, come avviene in un mezzo rifrangente di uniforme densità: essendo l'aria più densa e più carica di vapori nelle parti dell' atmosfera più vicine alla superficie della terra, rifletter conviene, che la sua potenza rifrattiva va sempre crescendo nel medesimo senso: il che fa che il raggio, il quale comincia a rifrangersi in *a*, *Fig.* 9. maggiormente s' inclina in *a*, e più ancora in *e*. In vece di solamente distinguere tre parti dell'atmosfera, se si pon mente, che ve ne sono infinite; e che le loro densità crescono insensibilmente, cominciando dal punto *a*, si comprenderà tosto, che il raggio rifratto deve seguire una curva continua, e far veder l' astro, donde procede, nella tangente *t d*.

E siccome per via di Esperienze diligentemente replicate si sa pur anche di certo, che la rifrazione della luce, ch' entra dal vuoto nell'aria, divien maggiore a misura che si accresce la densità di questo fluido o comprimendolo, o raffreddandolo, ne viene per necessaria conseguenza, che gli oggetti così veduti a traverso dell' atmosfera, benchè a date altezze, non compajono sempre ugualmente fuori del vero loro luogo; poichè la tem-

(*a*) Possono a questo proposito consultarsi le Transazioni Filosofiche di Londra Num. 257. e le Esperienze Fisico-meccaniche di Hauxbèt, tradotte nuovamente in Francese *à Paris*, *chez Cavalier tom.* 2. *p.* 106. *e segg.*

temperatezza dell' aria, il di lei peso, e la quantità da' vapori, ond' è carica, variano non solamente secondo i climi, e le stagioni, ma per una infinità altresì di accidentali cagioni.

Queste variazioni di densità in certe parti dell'atmosfera talmente sopra la rifrazione della luce influiscono, che Fisici eccellenti ci accertano d' avere ritrovata ora più, ed ora meno grande l' altezza di que' medesimi edificj, ch' essi avevano geometricamente da una distanza notabile misurati. Somiglianti avvisi congiunti alla certezza, che si ha della possibilità degli effetti, fanno che un Astronomo circospetto non si fida interamente alla esattezza delle sue tavole delle rifrazioni, ed ispirano una ragionevole diffidenza a chiunque è costretto di fondarsi sulla perfetta rettitudine di un raggio di luce, che attraversa una grande spessezza di aria.

Se guardando il Sole, o la Luna piena presso all' orizzonte voi osservate, che il suo disco è di figura ovale, potete altresì nel tempo stesso vedere, che il diametro più breve si è quello, ch' è verticale, e comprenderete la ragione di quest' effetto, se primieramente considerate, che la rifrazione fa comparire tutte le parti dell' astro più elevate ch' esse non sono realmente; in secondo luogo, che quest' apparente elevazione tanto è maggiore, quanto più vicino all'orizzonte è l' oggetto, perchè, da questi due effetti chiaramente ne risulta, che l' orlo inferiore del disco luminoso deve comparire ravvicinato all' orlo superiore, il che muta la sua figura di rotonda in ovale. Se ci poneste mente, voi vedreste ancora, e per la stessa ragione, che la rispettiva distanza di due stelle, una delle quali è al di sopra dell' altra, appare più picciola

poco dopo il loro levare, che quando esse si appressano al Meridiano, e verso il Zenith.

Un fenomeno, che qualche volta si vede, e che intricò molto gli antichi Astronomi, perchè non conoscevano bastantemente gli effetti della luce rifratta dall' atmosfera terrestre, si è il vedere levarsi la Luna del tutto ecclissata, mentre ancora tutto intiero si vede il Sole nella parte opposta dell' orizzonte. Coloro, che sanno farsi l' ecclissi della Luna per l' interposizione della terra fra essa ed il Sole, rimangono sorpresi al vedere, ch' essa è senza luce in presenza, e dirimpetto all' astro, che suole comunicargliela: ma in questo caso non è già la Luna medesima, che si faccia vedere sull' orizzonte, ma bensì il suo spettro, per dir così, dall' effetto della rifrazione elevato, come la stella S della *Fig*. 8.

Ma, dirà taluno, come mai può un astro ecclissato farsi così vedere, se esso non ha più luce?

Conviene in questo luogo risovvenirsi, che la Luna nel tempo delle sue ecclissi non è mai priva totalmente di luce; ella è sempre visibilissima sotto un colore di ferro rovente, che incominci ad estinguersi; e questo è altresì un effetto, sopra di cui gli antichi malamente ragionarono, non conoscendo essi sufficientemente la potenza rifrattiva dell' atmosfera terrestre, e che io ritrovo benissimo spiegato nell' Optica del Sig. Smith. " Ella è,
,, dic' egli, una parte dei raggi Solari, che ab-
,, bracciano la terra, e ch' essendosi rifratti nell'
,, atmosfera di questo pianeta, vanno ad incrocic-
,, chiarsi nella sua ombra, e ad illuminare debol-
,, mente la Luna, che vi si trova immersa ,,.

Gli effetti, di cui feci menzione, c' insegnano già, che la rifrazion della luce cangia spesso la posizione, o sia il luogo dell' oggetto, facendocelo

lo vedere dov' egli non è; vedremo altresì, che la ſteſſa cagione influiſce ſopra la figura, la grandezza, la diſtanza, e la ſituazione. Ma perchè tutte queſte apparenze dipendono dalla riſpettiva poſizione de' raggi, che delineano le immagini in fondo dell' occhio, non è ſuor di propoſito prima di paſſar oltre di far vedere per via di ſemplici fatti, come raggi rifratti ſi diſpongono fra eſſi, eſſendo date le loro incidenze, e la figura delle ſuperficie rifrangenti.

Quando due mezzi ſi toccano, la ſuperficie del più denſo non può eſſer, che piana, concava, o conveſſa; ed i raggi incidenti, che vengono molti inſieme per attraverſarla, ſono o paralleli tra loro, o convergenti, o divergenti. Oſſerveremo ora quello, che accade in queſti caſi diverſi; e perchè mi giova credere dopo ciò ch' è ſtato fin quì detto e ridetto, che il Lettore ſufficientemente comprenda, che un getto di luce groſſo come il dito, per eſempio, è un faſtello di raggi, che poſſono ſcoſtarſi o avvicinarſi di più gli uni agli altri per formare un cilindro, o una piramide; in vece d' impiegare, come ho fatto nel principio della Catoptrica due getti l' un dall' altro ſeparati, io non ne metterò d' ordinario, ſe non uno, in eſperienza, e farò giudicare del paralleliſmo, della divergenza, o convergenza delle ſue parti per la figura cilindrica, o piramidale, ch' egli riceverà. Quauto alle ſuperficie concave, o conveſſe dei mezzi, non parlerò che di quelle, che ſono sferiche, perchè eſſe ſono più in uſo nella coſtruzione degl' iſtromenti di Dioptrica, e perchè ancora, ſe bene i loro effetti s' intendono, egli ſarà facile di applicare gli ſteſſi principj per iſpiegare o prevedere ciò, che avviene con ogni altra curvatura.

PRI-

PRIMO CASO.

Se raggi paralleli nella loro incidenza paſſano obliquamente d'un mezzo raro in uno più denſo, che terminato ſia da una ſuperficie piana.

II. ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Per mezzo di uno ſpecchio piano di metallo fuor della fineſtra ſituato s' introducono in una camera ben oſcura dei raggi Solari, che ſi fanno paſſare per un cannello rotondo, che attraverſa l' anta in una direzione orizzontale, e che ha 6. pollici di lunghezza, ed un pollice e mezzo di diametro. Queſto cannello riceve dei vetri di differenti conveſſità a quelle delle ſue eſtremità, che corriſponde interiormente nella camera: quello, che per queſta Eſperienza vi ſi mette, non ne ha, ſe non quanto è neceſſaria per rendere il getto di luce Solare perfettamente cilindrico.

Queſto faſtello di raggi viene obliquamente ricevuto ſopra il lato lungo d' una caſſa rappreſentata dalla Fig. 9. e collocata ſulla ſtavola di ſopra indicata per la Fig. 2.

I lati lunghi di detta caſſa ſono due pezzi di vetro ben diritti larghi quattro pollici, e lunghi un piede, elevati parallelamente a 6. pollici di diſtanza l' un dall' altro. I due piccioli lati ſono di metallo, come pure il fondo, e ciaſcun d' eſſi ha un' apertura circolare di due pollici e mezzo di diametro, guernita d' un vetro ſimile a quelli, di cui ſi cuoprono i quadranti degli orologj, l' uno avente la ſua conveſſità al di fuori, l' altro avente la ſua al di dentro della caſſa. Come queſto vaſo ha da contenere dell' acqua, tutti queſti vetri ſono attaccati col cemento,

to, ed ai quattro angoli del fondo pel di fuori vi sono delle viti, per mezzo delle quali si pone a livello sulla tavola, ed all'una delle estremità una chiave per vuotare l'acqua.

EFFETTI.

Il getto di luce entrando per A, Fig. 10. nella cassa piena d'acqua, si rifrange in B, e forma a questa distanza sopra una lastra di metallo, che si presenta perpendicolarmente alla sua direzione, un cerchio luminoso, il di cui diametro è uguale a quello del cilindro di luce misurato in A. Questo cerchio più facilmente si distingue, se si cuopre il di fuori del vetro con un pezzo di cartone bianco: nella Fignra non si è rappresentata, se non la spessezza dell'acqua, che nella cassa si pone, cogli effetti della luce, che l'attraversa.

In vece di arrestare così il raggio, se voi lo lasciate uscire dalla cassa nell'aria, egli piglia un'altra direzione S *s* parallela a quella del raggio incidente R *r*, il che non è difficile a riconoscere, mettendo sugli orli della cassa una riga parallela ad uno de' due raggi; e la grossezza del getto di luce rimane costantemente eguale in tutte le parti della sua lunghezza.

Donde segue, che raggi di luce paralleli nella loro incidenza, passando obliquamente dall'aria in una massa d'acqua terminata da una superficie piana, conservano il loro parallelismo, come altresì nel rientrare dall'acqua nell'aria, terminata pure da una superficie retta: la stessa cosa succede con tutti gli altri mezzi, che differiscono in densità, e non hanno se non una mediocre spessezza, come noi quì supponiamo.

SECONDO CASO.

Se raggi convergenti nella loro incidenza passano da un mezzo raro in uno più denso, e da questo in un altro simile al primo.

III. ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Questa Esperienza si fa come la prima, eccettocchè in vece di mettere sulla cima del cannello un vetro pochissimo convesso, che altro non farebbe, che levare ai raggi Solari quel poco di divergenza, che hanno quando vengono ricevuti per un buco in una camera, se ne mette un altro, che l'è alquanto più, e che fa prendere al getto di luce la forma d'un cono, o d'una piramide rotonda, la cui punta si avanza ad 8. o 9. pollici di distanza.

Essendo la cassa piena se ne presenta il lato A D perpendicolarmente alla piramide di luce, dimodochè la sua punta tocchi esattamente il lato B C, dopo di che si apre la chiave per vuotarla. Vegga la *Fig.* 11.

SPIEGAZIONE.

Appena si è tolta l'acqua dalla cassa, che la punta della piramide sensibilmente si accorcia, e si vede in E.

Se si fa di alcuni pollici avanzare la cassa vuota, dimodochè la punta della piramide di luce passi altrettanto al di là del lato B C, l'acqua che poscia si mette nella cassa fa inoltrare alquanto detta punta, e si osserva, che la piramide è difformata, come F G.

Questo dimostra, che la convergenza de' raggi si diminuisce, quando passano da un mezzo raro in un mezzo denso; che all'opposto si accresce,

quan-

quando il paſſaggio ſi fa dal mezzo denſo in quello, ch'è men denſo, e le ſuperficie di detti mezzi ſono piane.

TERZO CASO.

Se raggi divergenti nella loro incidenza entrano in un mezzo più denſo, o più raro.

IV. ESPERIENZA.

Preparazione.

Ogni coſa rimanendo, come nella precedente Eſperienza, diſpoſta, ed eſſendo vuota la caſſa, conviene tirarla indietro in maniera, che i raggi, i quali cominciano a divergere, dopo aver formata la punta G, *Fig.* 12. e che fanno una piramide luminoſa oppoſta alla prima, ſi preſentino direttamente al lato A D della caſſa, ed interamente l'attraverſino; e ſi eleva verticalmente a 3. o 4. pollici di diſtanza, al di là del lato B C un cartone bianco, su di cui ſi riceve la baſe di detta piramide di luce, di cui ſi miſura con eſattezza il diametro, dopo di che ſi mette dell'acqua nella caſſa, come d'ordinario.

Effetti.

Il cerchio luminoſo compare alquanto accreſciuto ſul cartone, e la piramide difformata, non eſſendo alla diſtanza B C così groſſa, com'era prima che s'infondeſſe l'acqua nella caſſa.

Il che prova che i raggi nello entrare dall'aria nell'acqua perdettero una parte della loro divergenza, e che la riacquiſtarono nell'uſcire dall'acqua per rientrare nell'aria: dal che ſi può conchiudere, che quando i mezzi ſi toccano per via di ſuperficie piane, i più denſi diminuiſcono la divergenza de'raggi, ed i più rari l'accreſcono.

SPIEGAZIONE.

Giusta la seconda Legge della rifrazione della luce, un raggio che passa obliquamente da un mezzo raro in un mezzo denso, abbandona la prima sua direzione per accostarsi alla perpendicolare al piano separante i mezzi: questa è la ragione, per cui nella seconda Esperienza il getto di luce, ch' è pervenuto in A, si è rifratto verso B: perciocchè la sua incidenza era obliqua, ed il mezzo, che lasciava, era men denso di quello, in cui è entrato.

Se concepisconsi due linee parallele, che si pieghino insieme, e della quantità stessa, deve il loro parallelismo dopo l' inflessione sussistere. Ora i filetti di luce, che formano insieme un getto cilindrico, come nella medesima Esperienza, sono tra loro paralleli. Per conseguenza la incidenza è ugualmente obliqua per ciascuno di essi sopra una superficie piana; la loro rifrazione sembra esserlo altresì in una spessezza d' acqua non maggiore di 5. o 6. pollici. Così rimanendo sensibilmente paralleli dopo tal effetto, formano essi ancora un cilindro di luce eguale in diametro a quello, che formavano nell' aria; e questa si è la ragione, per cui questo getto rifratto cadendo perpendicolarmente sopra un piano presentatogli vi segna un cerchio luminoso della stessa grandezza di quello, che fa vedere sopra un simile piano, prima d' esser nell' acqua.

Il quinto risultato dalla prima Esperienza sopra di cui abbiamo fondata la IV. Legge, ci ha fatto vedere, che un raggio rifratto in *a*, *Fig.* 13. s' è respinto in C da uno specchio, o in altro modo, si piega nell' entrare nell' aria in tal guisa, che ritorna sempre per la linea C A, ch' è quella della sua prima incidenza. Se così è, quando giunto

ſo in *a* egli paſſa dall'acqua nell'aria, ch' è al di là, deve venire in B, facendo l'angolo *p a* B uguale a quello dell'altra parte A C P; perciocchè la grandezza di queſti angoli dipende dal grado d'obliquità, con cui cade il raggio dall' acqua ſull'aria, ſia nell'andare di C in *a*, ſia nel fare il cammino oppoſto. Ora queſta obliquità è d'ambe le parti uguale; poichè le ſuperficie E G, G H, per le quali l'aria e l'acqua ſi toccano, ſono tra loro parallele. Nel caſo preſente, queſti angoli deono dunque eſſer uguali, e queſto appunto fa, che il raggio *a* B dopo traverſata l'acqua ripiglia una direzione parallela a quella, che aveva prima d'entrarvi.

Nella caſſa piena d'acqua della III. Eſperienza la piramide di luce appare più lunga che non è nell'aria, perchè i raggi incidenti *a d*, *b c*, *Fig.* 14. eſſendo inclinati in ſenſo contrario ſulla medeſima ſuperficie retta *c d*, del mezzo più denſo, le loro rifrazioni ſono altresì in ſenſi contrarj; il che diminuiſce la convergenza naturale di detti raggi, ch' è al punto *e*, e che ſi riſtabiliſce toſtochè non vi è più acqua nella caſſa.

Quando la punta di queſta piramide ſi avanza nell'aria di là dal lato K L, i raggi emergenti, come *h k*, ripigliano una direzione parallela a quella della prima incidenza *f g*, *l g*, come ho inſegnato ſpiegando gli effetti della II. Eſperienza. Quindi è, che il punto di convergenza, il quale ſarebbe in *i* ſenza le due rifrazioni, ſi prolungan fino in *k*, ed i lati della piramide in vece d'eſſere linee rette, come *f i*, *l i*, ſono piegati due volte, ed in ſenſi oppoſti, come veggonſi in *h* ed in *g*.

Per trovar la ragione degli effetti della IV. Eſperienza, baſta immaginarſi, che i raggi divergenti partono dal punto *k*, *Fig.* 14. ſeguendo

la loro marcia soggettata alle leggi della rifrazione, si vedrà ad un tratto, in qual modo divengano essi tosto meno divergenti nell' acqua di quel che l' erano prima di entrarvi; e poscia più divergenti di là dalla superficie H I, di quel che l' erano prima di toccare la prima K L: perciocchè allora lo sono, come se venissero dal punto *i*.

Si vede parimente perchè, non ostante la maggior divergenza, segnino essi sopra il piano, che loro si oppone, un cerchio di luce minore. Imperocchè senza le due rifrazioni, i raggi *k h* d' ambe le parti sarebbero stati per linee rette in *m*, ed in *n*; ma piegandosi due volte in *h*, ed in *g*, secondo le proporzioni precedentemente accennate, si ristringono nello spazio *f l*, e formano una piramide irregolare, benchè simmetrica.

I. COROLLARIO.

Quanto dissi dei raggi paralleli, che tali rimangono dopo di avere attraversato un mezzo denso contenuto fra due superficie piane e parallele tra loro, può per le stesse ragioni, aver luogo quando il mezzo denso è terminato da due superficie curve, ma concentriche, come H I, K L, *Fig.* 15. purchè l' incidenza sia poco obliqua, ed i raggi sieno vicini gli uni agli altri, perchè allora cadendo il raggio rifratto *a b* sopra K L con un' obliquità quasi quasi eguale quella del raggio incidente A *a*, l' angolo B *b p* di rifrazione nell' aria non è sensibilmente diverso da quello della prima incidenza A *a p*, e conseguentemente *b* B, ed A *a* sieno paralleli, o poco meno. Non è già così del raggio *e* E in riguardo a D *d*, perchè l' inclinazione di *d e* sopra la superficie K L essendo maggiore di quella di D *d* sopra H I, gli angoli d' inci-

cidenza e di rifrazione nell' aria non ſono più nella proporzione d'eguaglianza, come nel precedente caſo; il che fa che il raggio emergente *e* E s'inclina alla direzione del raggio D*d*. La differenza di queſti angoli tanto maggiore divenendo, quanto più il raggio *ab*, o *de*, è obliquo alla ſuperficie K L, deveſi concepire, che i due raggi emergenti *b* B, ed *e* E non ſono più tra loro paralleli, benchè A*a*, e D*d* lo ſieno.

II. COROLLARIO.

Siccome il parallelismo delle ſuperficie rifrangenti EF, GH, *Fig.* 13., ſi è quello, che fa prendere al raggio emergente *b* B una direzione parallela a quella del primo raggio incidente A*c*, queſto non deve ſuccedere, quando dette ſuperficie ſieno inclinate l'una all'altra, come nella *Fig.* 16., facendoſi le rifrazioni tanto in *a*, che in *b* nel medeſimo ſenſo a motivo delle oppoſte inclinazioni delle ſuperficie; la direzione del raggio emergente ſi è *b* B, ſempre obliqua all' incidenza A*a*, più o meno, ſecondo la grandezza delle rifrazioni.

APPLICAZIONI.

Il riſultato della ſeconda Eſperienza ci apprende, perchè i vetri piani ſimili a quelli, che ſi mettono alle fineſtre, i criſtalli, di cui ſi fanno gli ſpecchj, ec. non poſſono ſervire a condenſare la luce del Sole, che gli attraverſa. Queſti raggi eſſendo come paralleli tra loro non poſſono mai eſſere più inclinati gli uni degli altri ad un ſolo piano: quindi le ſuperficie rifrangenti, che ſono rette, nulla cangiano della loro poſizione riſpettiva. Lo ſteſſo avviene delle acque ſtagnanti, la ſuperficie delle quali è a livello in tutta la ſua eſtenſione; nè mai ſi vede, che le maſſe liquide,

per trasparenti e rifrangenti che sieno, diano occasione alla luce parallela di formare dei foci nel loro seno.

Quando i mezzi più densi dell'aria hanno delle superficie rette, ed essi sono molto sottili, la loro interposizione non produce cangiamenti sensibili nelle immagini: vedesi a traverso de' vetri, e d'un cristallo di carrozza, quasi nel modo stesso, che a semplice vista si vedrebbe in un mezzo omogeneo: ma quando la spessezza è grande, l'oggetto che non è molto discosto dal mezzo rifrangente, più vicino appare, e più grande, e spesso cangiasi la sua figura, e si diminuisce la sua chiarezza.

I raggi divergenti, ch' escono da un vetro piatto, molto spesso, o d'un vaso pieno d'acqua per entrare nell'aria, più divergenti divengono di prima: questo è ciò che risulta dalla IV. Esperienza. Se essi entrano nell' occhio dopo una tale emersione, sembrano venire da un punto meno lontano di quello, da cui son partiti. L'apparenza del punto raggiante E, per esempio, *Fig.* 14. è in E, e così di tutti gli altri punti visibili del medesimo corpo.

Ed ecco perchè il pesce da noi veduto nell'acqua più elevato ci sembra verso la superficie di quel che realmente egli sia: il cacciatore che volesse con un colpo di schioppo ucciderlo deve por mente a questa ingannatrice apparenza; perciocchè la carica di piombo non può penetrare, se non una certa spessezza di acqua, la quale trovandosi maggiore, che non si era creduto, può mettere in salvo il pesce.

Così ancora il fondo d'un vaso, d'un bacino, d'una riviera, mai non ci pare tanto basso, quanto lo è in fatti, per cagione dell'acqua, che il

cuopre: qualora discende in un bagno reca stupore il ritrovarlo sempre più profondo, che non pareva: e quando uno si affretta di pigliar qualche cosa nell' acqua, gli accade spessissime volte che s' inoltra la mano di più di quello, che si sarebbe creduto doversi fare; e si bagna talvolta la manica del vestito per aver creduta minore di quel, che è, la profondità.

Qualora si guarda a traverso d' una grande spessezza d' acqua, se le parti dell' oggetto, che pajono elevarsi verso la superficie, soffrissero tutte un eguale rimovimento, la figura apparente sarebbe sempre conforme a ciò, che rappresenta; perchè nella immagine non meno, che nell' oggetto, la figura dipende dalla posizione rispettiva delle parti, alla quale un moto comune non apporta variazione; ma il rimovimento eguale non ha luogo nel caso, in cui l' oggetto è di una grand' estensione, perchè i raggi vegnenti dalle stremità più lontane dall'occhio cadendo più obliquamente degli altri sopra la superficie dell' aria, maggiormente si rifrangono; i fastelli, o piramidi di luce divergente verso l' occhio si dilatano in modo, che i loro punti di riunione, in cui sono le apparenze, di più si avvicinano alla superficie rifrangente, ed in un rapporto troppo grande per conservare all' immagine totale una conformità perfetta col suo oggetto. L' occhio posto in *k*, *Fig.* 14. per vedere in fondo dell' acqua un grande oggetto diritto, ovvero un seguito di oggetti disposti in una linea retta, come *g*, *d*, *c*, *g*, non solamente distingue il tutto insieme più vicino a lui, ma le estremità *g*, *g*, gli sembrano altresì più avvicinate che le altre parti, *d*, *c*; il che forma una curvatura, la cui concavità rimane

volta verso lo spettatore (*a*). Così un cannello di piombo disteso sul fondo d' un bacino non pare diritto, benchè lo sia, ed il fondo stesso del bacino pare più profondo nel mezzo che verso gli orli, benchè lo sia egualmente dappertutto.

I mezzi densi molto spessi, benchè abbiano superficie piana, pure ci fan vedere gli oggetti più grandi ch' essi non sono: il pesce sembra più grande nell' acqua, che fuori; la rena, le pietre, le piante c' ingannano pur anche, quando le veggiamo nel fondo delle peschiere, delle fontane, delle riviere ec. gli spazj ci pajono altresì più estesi, ed i limiti, che gli circoscrivono, sembrano lasciare fra di loro una distanza più grande: tutto questo succede, perchè i raggi divergenti lo diventano maggiormente all' uscire dall' acqua per entrare nell' aria. S'immagini per un momento, che *g*, *g*, *Fig.* 14. sieno l' estremità opposte d' un oggetto che in fondo dell' acqua si distingue per via dei raggi *gh*, *gh*, l' occhio stando in *k* giudica della grandezza di detto oggetto per l' angolo G*k*G maggiore di *gkg*: e perchè lo stesso avviene per tutte le dimensioni de' corpi così veduti, ne segue che quanto si guarda a traverso d' un mezzo molto spesso, e dell' aria più denso, deve comparire ampliato, come di fatti succede.

Avendo l' occhio situato direttamente al di sopra d' un vaso pieno d' acqua, o di qualche altro limpido licore, se io guardo una moneta o alcun' altra simil cosa, che sia nel fondo, e suffi-
cien-

(*a*) Per sapere qual sia la natura di questa curva, e come essa si generi, si consulti la bella, e dotta Memoria del Sig. de Mairan esistente nel Volume dell' Accademia delle Scienze per l' anno 1740. dove si troveranno molte curiosissime osservazioni.

cientemente illuminata, io la vedo più grande, che non la vedrei nell'aria; ma non mi sembra più fuori del suo sito, come quella, che mentovai parlando degli effetti della rifrazione della luce in generale. Io comprendo la ragione di quest' effetto considerando, che nel caso di cui si tratta, l' occhio distingue una parte della moneta (il suo centro, per esempio) per via d' un fastello di raggi, l' asse de' quali non patisce rifrazione, passando perpendicolarmente dall'acqua nell'aria; questa parte della moneta vedesi dunque nel suo vero luogo, o nella sua natural direzione; le altre sono vedute per via di raggi obliqui, e conseguentemente rifratti, i quali le scostano in apparenza dalla prima, ch' è come immobile: quindi l' oggetto pare ampliato, ma non già fuori di sito quanto alla direzione, anzi la figura stessa non ne rimane sensibilmente alterata, se si regola il guardo in maniera che il raggio diretto venga dal mezzo dell' oggetto che si vuol vedere, quando però molto grande non sia quest' oggetto.

Un pezzo di vetro spesso, le di cui facce opposte, benchè piane, sono l' una verso l' altra inclinate, mostra sempre gli oggetti fuori de' loro veri luoghi; perciocchè in qualunque modo uno si metta a guardare a traverso di questi corpi trasparenti, tutti li raggi, che vengono all' occhio, senz' alcuno eccettuarne, patiscono almeno una rifrazione, sia nell' entrare, sia nell' uscire: dissi almeno una rifrazione, perchè se alcuno de' raggi incidenti è obliquo ad una delle due superficie, e dopo di esser entrato è altresì obliquo all' altra, sarà rifratto due volte, come appare dalla *Fig. 16.*, e s' egli è perpendicolare alla prima, egli ne diverrà più obliquo sopra la seconda.

Che se detto vetro sarà tagliato in guisa, che una

delle ſue ſuperficie ſia in parte parallela all'altra, ed in parte inclinata, egli potrà far vedere l'oggetto in un tempo ſteſſo in due diverſi luoghi, come accade quando un criſtallo di carrozza vien terminato da un contorno inclinato, e ſi dirigge lo ſguardo verſo gli orli per vedere gli oggetti eſteriori.

In conſeguenza di queſt' effetto ſi lavorano eſpreſſamente que' vetri a più faccette, che ſi chiamano *moltiplicanti* appunto, perchè in fatti moltiplicano l'immagine d'un oggetto, che a traverſo della loro ſpeſſezza ſi guarda. Dopo ciò che ho detto riguardo ai corpi rifrangenti terminati da ſuperficie inclinate, l'aſpetto ſolo della *Fig.* 17. baſta per far comprendere la ragione di tale moltiplicazione d'immagini. Perchè egli ſi può oſſervare, che le quattro faccie *a c*, *c d*, *d e*, *e b*, eſſendo tutte inclinate alla faccia grande *a b*, fanno convergere ciaſcuna ſeparatamente verſo lo ſteſſo occhio E dei raggi, che partono dalle eſtremità oppoſte dell'oggetto F. Donde avvien, che quelli che cadono ſopra *a c* dopo le due rifrazioni producono un'immagine in G; quelli che cadono ſopra la faccetta *c d*, un'altra immagine in H; e finalmente quelli, che paſſano per *d e*, e per *e b*, rappreſentano lo ſteſſo oggetto ſeparatamente in I, ed in K; locchè fa tante immagini, quante ſono le faccette.

L'immagine ſi vede diſtintamente, e compiutamente per tutte le faccette, qualora ciaſcuna di eſſe riceve dei raggi da tutte le eſtremità oppoſte dell'oggetto, qualora dopo le rifrazioni queſti raggi ſono convergenti verſo un medeſimo ſito, e qualora i faſtelli a ciaſcun punto viſibile appartenenti hanno conſervato o ripigliato un poco di divergenza. Mancando la prima e la ſeconda di que-

queſte condizioni, ciaſcuna faccetta non moſtra ſe non una parte dell' oggetto: ſenza la terza poi non ſi vede nulla ſe non confuſiſſimamente. Per iſchifare queſti difetti, non ſi deono con tali vetri guardare i grandi oggetti, ſe non di lontano, e dappreſſo ſolamente, i piccioli; conviene altresì dar loro delle faccie d' una certa larghezza, le quali per le loro riſpettive inclinazioni non formino una conveſſità troppo grande, e finalmente non accoſtarle di troppo all' occhio. Si vedrà aſſai meglio, come ſi debbano queſte precauzioni uſare, e gli effetti che aſpettar ſe ne poſſono, quando avremo parlato della viſione a traverſo dei mezzi riſrangenti, da ſuperficie conveſſe terminati.

QUARTO CASO.

Se raggi paralleli paſſano da un mezzo raro in un mezzo più denſo terminato da una ſuperficie conveſſa.

V. ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Conviene ſituare la caſſa della *Fig.* 9. rappreſentata in maniera, che un getto di luce cilindrico ed orizzontale cada direttamente ſopra la ſuperficie del vetro conveſſo, ch' è cementato all' uno de' piccoli lati, dopo di che ſi riempie d' acqua.

EFFETTI.

Toſtochè ſi è poſta l' acqua nella caſſa, ſi oſſerva che la luce è convergente, e s' incrocicchia da tutte le parti ſopra l' aſſe del cilindro, il quale per queſto effetto prende la forma d' una piramide, la cui punta s' inoltri nella caſſa, come ſi vede dalla *Fig.* 18.

QUINTO CASO.

Se raggi converganti, che escono da un mezzo raro, vengono ricevuti in un mezzo più denso, e terminato da una superficie convessa.

VI. ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Disposta ogni cosa come nella precedente Esperienza, conviene far passare per la superficie convessa della cassa, prima che vi sia l'acqua, una piramide di luce, il cui punto di convergenza sia giustamente nel centro di detta convessità; segnare questo sito con un indice che si eleva a lato; e riempire il vaso di acqua limpida.

Si replica poscia successivamente la stessa prova con due altre piramidi di luce, l'una delle quali abbia la sua punta di qua, e l'altra di là dal centro della convessità; finchè non v'è acqua nella cassa, si segna ciascuna volta dove termina la piramide luminosa, e si finisce con metter dell'acqua, come nelle altre Esperienze.

EFFETTI.

Quando i raggi di luce convergono naturalmente al centro della convessità della superficie rifrangente, l'acqua che si mette nella cassa non cangia nulla della loro direzione; la punta della piramide rimane costantemente dirimpetto all'indice A, *Fig.* 19.

Quando i raggi tendono naturalmente a riunirsi, o ad incrocicchiarsi più vicino alla superficie rifrangente, che il centro della sua curvità, l'acqua messa nella cassa fa prolungare la punta della piramide luminosa B, Fig. 19.

Ed all'opposto vedesi questa stessa punta accorciarsi, qualora si fa la stessa prova con raggi, che con-

convergono al di là di questo stesso centro, C, Fig. 19.

SESTO CASO.

Se raggi di luce divergenti passano da un mezzo raro in uno più denso, terminato da una superficie convessa.

VII. ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

La cassa essendo sempre volta nell' istessa maniera, e vuota d' acqua, convien farvi entrare per la superficie convessa la luce, che incomincia a divergere alla cima di alcuna delle piramidi, che adoperate si sono nelle precedenti Esperienze, ricevere detta luce sopra un piano elevato verticalmente nella cassa a 6. o 7. pollici di distanza dalla superficie rifrangente, e segnare la granzezza del cerchio luminoso da essa fatto sul piano, prima che l' acqua vi sia.

EFFETTI.

Dopo versata l' acqua nella cassa, il cerchio luminoso, di cui dissi, pare sensibilmente diminuito di grandezza.

Se di più in più si allontana la cassa dal punto, da cui procedono i raggi divergenti, la base della piramide da essi formata a poco a poco si ristrigne il getto di luce diviene cilindrico, e se si prosegue ad allontanare la cassa, i raggi cominciano a convergere nel davanti. Veggasi la Fig. 20.

Dalle tre ultime Esperienze risulta, 1. Che i raggi di due passando da un mezzo raro in un mezzo più denso da una superficie convessa terminato, diventano convergenti se erano paralleli.

2. Che

2. Che se sono convergenti al centro della sfericità del mezzo rifrangente, essi non si rifrangono.

3. Che la loro convergenza diminuisce, se tendono a riunirsi più vicino che il centro della sfericità, e che all' opposto cresce, se il loro punto di riunione naturale è di là da questo medesimo centro.

4. Che finalmente i raggi divergenti perdono per lo meno una parte della loro divergenza, il che può andare fino a renderli paralleli, e convergenti ancora.

OSSERVAZIONE.

In tutte quelle Esperienze, nelle quali la luce piglia la forma d' una piramide passando per superficie rifrangenti, la curvità delle quali sia sferica, si può osservare, che il luogo, dove i raggi si riuniscono e si attraversano, non è precisamente un punto, ma un piccolo spazio circolare, che benissimo si distingue, presentandovi un cartone bianco, e ch' è tanto meno ristretto, quanto più è larga la superficie sferica, che riceve i raggi incidenti.

SPIEGAZIONE.

La posizione rispettiva de' raggi rifratti dipende dal particolare sviamento, che ciascun d' essi ha sostenuto, e questo sviamento in un mezzo determinato è proporzionale al grado di obliquità delle incidenze. Ora questa obliquità può variare o perchè i raggi cadono con direzioni differenti sopra una superficie retta, o perchè le parti della superficie rifrangente in un medesimo piano non sono. Quest' ultimo caso è quello appunto, che ha luogo nella ultima Esperienza. I raggi di luce sono tutti diretti ad un modo, posciachè sono fra loro paralleli, ma le parti della superficie convessa, che

gli

gli riceve, deono essere considerate come tanti piani infinitamente piccioli, ed insensibilmente inclinati gli uni agli altri. In un fastello di raggi paralleli, che si presenta direttamente alla superficie convessa, uno ve n' ha, che a perpendicolo cade sopra una di tali faccette, e che segue l' asse A B della convessità, *Fig.* 21., senza soffrire rifrazione veruna; (*a*) ma è però il solo, a cui ciò succeda: tutti gli altri sono inclinati necessariamente alle parti circonvicine, perchè esse lo sono a quelle del mezzo; e perchè i raggi non lo sono fra loro.

I raggi più vicini all' asse, come *d e*, non sono quasi nemmeno obliqui alla superficie rifrangente; quindi la loro rifrazione non è molto grande: ma per picciola ch' ella sia, o per quel poco d' obliquità, o per la natura del mezzo rifrangente, convien sempre ch' ambe le parti vadano ad incrocicchiarsi in qualche luogo sull' asse A B. Questo sarà più vicino, o più lontano, secondo la potenza rifrattiva del mezzo, e la maggiore o minor curvità della sua superficie.

Se i raggi, che sono un poco più discosti, come *f g*, non si rifrangessero, se non nella medesima quantità, essi diverrebbero parallelli a *e* D, e s' incrocicchierebbono più lunghi sopra lo stesso asse, il che renderebbe la punta della piramide assai grossa, e male terminata; ma siccome la superficie è più inclinata al raggio incidente in *g* che sia

(*a*) E D, Fig. 21., distanza del foco de' raggi paralleli preso vicino all' asse, sta a C D, distanza di detto foco al centro della sfericità, come il seno d' incidenza sta al seno di rifrazione; cioè nella proporzione di 4. a 3., o quasi, se il mezzo rifrangente è l' acqua, o di 3. a 2., se il mezzo è il vetro.

ſia *e*, così la rifrazione è più forte, ed in proporzione tale, che queſti ultimi raggi rifratti vengono a riunirſi quaſi nel punto ſteſſo coi precedenti *e* D.

Dico quaſi nel punto ſteſſo, perchè eſattamente parlando la coſa non va così: le inclinazioni ſucceſſive dalla curvità circolare o sferica prodotte non hanno fra di loro quel rapporto, che ſi richiederebbe per far convergere ad uno ſteſſo punto i raggi, che ſono nella loro incidenza paralleli. Queſto ſi dà ſenſibilmente a divedere, ſe ſi ſegue la marcia d' un raggio aſſai diſcoſto dall' aſſe come *h i*, ſoggettandolo alle leggi della rifrazione; perchè ſi ritrova, che l' inclinazione della ſuperficie è un po' troppo grande in *i*, il che fa prendere al raggio rifratto più di convergenza, che non dovrebbe, per riunirſi nello ſteſſo luogo degli altri. Ed ecco perchè tutte le piramidi di luce che ſi formano per via delle ſuperficie sferiche rifrangenti, o riflettenti (quando eſſe ſono larghe) mai non finiſcono in una punta bene acuta, e queſti foci ſono ſempre un cerchio di qualche eſtenſione. Quindi gli Optici che colla geometrica eſattezza trattano di queſte materie, ſi applicano a riſtrignere la loro teoria a porzioni di luce, che non occupino, ſe non una picciola parte di queſte ſorti di ſuperficie.

Nella VI. Eſperienza la piramide di luce non riceve alcuna mutazione nel paſſare dall' aria nell' acqua, allorchè la convergenza naturale de' ſuoi raggi è al centro della conveſſità del mezzo rifrangente: perchè allora la luce non è in caſo di ſoffrire rifrazione, eſſendo tutti li raggi incidenti, come A *b*, *d h*, *e f*, *Fig.* 22., perpendicolari a tutte le parti della curva *f b h*.

Ma quanto i raggi della piramide hanno il loro

ro punto di cunvergenza naturale più presso alla superficie rifrangente, che il centro C, come $i\ k$, o più discosto, come $g\ l$, allora è obliqua la loro incidenza. Nel primo caso la piramide si prolunga: perchè i raggi rifratti si accostano alla linea, ch' è come C b perpendicolare al punto d' incidenza, e nel secondo caso ella si accorcia, per la stessa ragione.

Il cerchio luminoso della VII. Esperienza diminuisce di grandezza, quando si mette l'acqua nella cassa, perchè i raggi formanti la piramide di cui è base, si accostano gli uni agli altri, oppure all'asse A B, *Fig.* 23., rifrangendosi verso altre linee simili a C e, perpendicolari al punto d' incidenza: e quest' effetto deve crescere a misura che i raggi incidenti meno divergenti diventano, come succede, quando si scosta la superficie $l\ b\ m$ dal punto, da cui cominciano a divergere i raggi: e questa si è la ragione, per cui se si prosegue a scostare la cassa, i raggi rifratti passano da una picciola divergenza al parallelismo, e quindi alla convergenza.

Per sapere cosa diverrebbono i raggi di luce, quali appunto si sono adoperati nelle tre ultime Esperienze, se passassero da una massa d' acqua terminata da una superficie convessa, in una massa d' aria contigua, basta prendere per raggi incidenti, Fig. 21. 22. e 23., quelli, che abbiamo come raggi rifratti considerati. Si vedrebbe, per esempio, che raggi, i quali sarebbero paralleli nel mezzo più denso, convergenti diverrebbero nell'entrare nel più raro; che quelli i quali sarebbero convergenti, lo diverrebbero anche più, ec.

APPLICAZIONI.

Certi Artisti, che hanno bisogno di una forte luce, e che lungo tempo lavorano di seguito sopra

pic-

picciole maſſe, come ſono gli Scultori ed Intagliatori in gioje, gli Orefici, gli Orologiaj ec. ſervonſi d'ordinario la ſera d'una lampada, di cui fanno paſſare la luce a traverſo d'una bottiglia di vetro ſottile e rotonda, che ſi chiama *boccale*, e che riempiono d'acqua limpida, *Fig.* 24. La fiamma d'una candela, o d'una lampada trovandoſi collocata vicino al detto vaſo getta ſopra una gran parte della ſua ſuperficie sferica dei raggi divergenti, che aſſai meno lo divengono, come quelli della VII. Eſperienza: e per la ſteſſa cagione queſta luce perde poſcia il rimanente della ſua divergenza nel paſſare dall' acqua nell' aria, perchè d'ambe le parti ſi rifrange, allontanandoſi dalle linee *p c*, *p c*, locchè riſtringe i raggi in uno ſpazio minore, fino a rendergli paralleli, o convergenti.

I corpi ſolidi, che ſono immerſi in vaſi di vetro d'acqua ripieni, o d'alcun altro liquor traſparente, ci appajono d'ordinario ſotto difformi figure, quando gli miriamo a traverſo delle pareti di detti vaſi (che ſono per lo più curvi in un ſenſo, e retti nell' altro) perchè certe dimenſioni riſentono più di certe altre gli effetti della rifrazione. Sia per eſempio un vaſo cilindrico, *Fig.* 25. ripieno d'acqua, nel di cui mezzo ſtia ſoſpeſa una palla perfettamente rotonda, il cui diametro verticale ſia A B; l'occhio ricevendo l'immagine di queſta linea per raggi rifratti in un medeſimo piano *b c*, la vedrà con poco divario nella ſua naturale grandezza: in vece che il diametro A B, *Fig.* 26. ſe è orizzontale, ſarà veduto ſotto l'angolo A *f* B, ch' è maggiore che nella precedente Figura, a motivo della rifrazione, che ſono più forti in *d*, ed in *e*, di quel che ſieno in *b* ed in *c*: Così la palla ſembrerà molto ovale a chiunque

que collocherà l'occhio, come ſta in queſte due figure collocato.

I boccali di ſopra mentovati, le palle de' luſtri ſcavate e ripiene di acqua, o maſſicie di vetro, in ſomma tutti i corpi traſparenti, e lavorati a modo di sfere, o quaſi sfere, ſono atti a raccogliere i raggi Solari, che ſono quaſi paralleli, ed a formarne dei foci, in cui ſi accendano delle materie combuſtibili: ma ſarebbe follia il credere, come a parecchi ho inteſo dire, che tali corpi ſoſpeſi ed iſolati nel mezzo d' un appartamento appiccarono il fuoco ai mobili, o al ſolajo: perciocchè convien ſapere, che il foco de' raggi paralleli ſi eſtende pochiſſimo di là dalla loro sfera ad una diſtanza che agguaglia il quarto, o al più al più la metà del loro diametro (*a*), oltrecchè detti foci ſono deboliſſimi per cagione del grande ſminuimento, che soffre la luce paſſando una sì conſiderabil ſpeſſezza.

Gli Optici ponendo mente a queſt' ultimo effetto, immaginarono un mezzo di rendere detti corpi rifrangenti più ſottilli ſenza pregiudicare alla proprietà loro di condenſare la luce, o di formare dei foci. Conſiderarono 1. Che quando i raggi incidenti più diſcoſti dall' aſſe A F, *Fig.* 27., incontrano la ſuperficie del vetro con un certo grado di obliquità, come di 47. a 48. gradi, in vece di penetrare nella ſua ſpeſſezza, e di rifrangervisi, non facevano altro più, per così dire, che ſcorrervi ſopra, e rifletterſi come ſi vede al punto *i*: 2. Che quando un raggio, come *de*, entra nel vetro, e vi ſi rifrange, egli continua a muoverſi in linea retta ſino in *g*, o grande o pic-

(*a*) Queſto varia ſecondo la denſità, o la potenza rifrattiva di tali corpi.

picciolo che siasi il tragitto, perchè la luce non si svia in un mezzo omogeneo. Da queste due considerazioni conchiusero giudiziosissimamente, che si poteva sopprimere tutta la spessezza *c i k l*, come nocevole al passaggio della luce, e come inutile alla riunione de' raggi. Avvicinarono dunque l'uno all'altro i due segmenti, *c h i*, *k m l*, per farne un solo corpo di forma lenticolare *c h i n*, per mezzo di cui i raggi paralleli all'asse, come *o p*, si riunissero, non già così vicino, ma in più gran numero, che se avessero dovuto attraversare l'intiera sfera.

Tagliando così in forma di lenti i vetri, molto se ne diminuisce la spessezza; pure anche di troppo ve ne sarebbe, se lasciar si volesse ai segmenti delle sfere, che gli formano l'estensione, ch'essi dovrebbono avere per comprendere tutti que' raggi Solari, che rifranger potrebbono; il diametro *c i* d'una lente essendo la corda d'un arco *c h i* di 47. o 48. gradi, la spessezza *h n* sarebbe il terzo in circa del diametro della sua sfera: il che sarebbe impraticabile nei vetri grandi per la difficoltà di fonderli, per l'enorme peso che avrebbono, ec. e sarebbe anzi d'un cattivo uso nei piccioli, perchè si perderebbe assai più di luce per la grande spessezza, che non se ne guadagnerebbe per l'estensione delle superficie. Convien dunque contentarsi di segmenti assai più piccioli, come *q h r*, per esempio; ed allora con minore quantità di raggi incidenti, e con maggiore trasparenza si perviene quasi agli stessi effetti.

Ho di già avvertito, che le superficie sferiche non sono le più atte a far convergere i raggi nel più picciolo spazio possibile: ben si sa quali sono quelle, che si deono loro a quest'effetto preferire; ma troppe difficoltà incontrate si sono nel lavo-

vorare il vetro ſotto la forma, che gli ſi dovrebbe dare. Però, quand'anche ciò foſſe poſſibile, non ſi giungerebbe mai a rendere tutti li raggi della luce verſo un ſolo punto convergenti, perchè, come ſi vedrà in appreſſo, eſſi non ſi rompono tutti ugualmente nello ſteſſo mezzo.

Trattando del fuoco nella XIII. Lezione (*a*) ho moſtrato, eſſer poſſibile di raccogliere in un picciolo ſpazio una gran quantità di getti di luce col mezzo di ſpecchj piani diſpoſti in un telajo, ed inclinati in guiſa, che riflettano verſo uno ſteſſo luogo tutti li raggi. Si produrrà, quando ſi voglia, un effetto quaſi ſimile colla rifrazione; imperocchè ſe un raggio Solare attraverſando un pezzo di vetro avente le due ſuperficie piane, ed inclinate l'una all'altra, neceſſariamente ſi piega verſo l'orlo più ſpeſſo, opponendo di ſomiglianti vetri gli uni agli altri ſi diſporrebbe l'inclinazione de' raggi rifratti talmente, ch'eſſi caderebbono ſur un medeſimo luogo a qualche diſtanza dalla macchina: ſe ne vede in picciolo un eſempio nei vetri a faccette, di ſopra mentovati. Perciocchè eſponendoli al Sole ſi può oſſervare che tutti que' getti di luce, che paſſano per le picciole faccie inclinate alla grande, vanno a riunirſi, e ad incrocicchiarſi in un foco comune: ſe tutte queſte parti del vetro foſſero maggiori, ſeparate le une dalle altre, e diſpoſte in un quadro, come lo ſono nello ſteſſo pezzo, non vi è dubbio, che lo ſteſſo effetto ſuccederebbe.

Quando ſi vuole accorciare, e reſtringere il foco d'un gran vetro conveſſo, ſi fa paſſare la piramide di luce, che n'eſce, per la ſpeſſezza di un' altra lente più conveſſa, ed allora conforme al

(*a*) Tom. IV. pag....

risultato dalla VI. Esperienza, i raggi cadenti su quest' ultimo vetro con un grado di convergenza, che gli fa tendere di là dal centro della sua sfericità, non lasciano d' inclinarsi maggiormente all' asse, sì nell' entrare, che nell' uscire; locchè piuttosto gli riunisce, e in uno spazio minore. Così faceva il Sig. Tschirnausen per accrescere l' attività de' raggi Solari al foco de' suoi grandi vetri, di cui feci menzione discorrendo dei diversi mezzi di suscitare il foco (*a*). Ma io non so veramente, se tanto abbiamo a prometterci da questo mezzo; la seconda lente intercepisce molti raggi; ed i foci più ristretti, quando non v' è che un sì picciolo divario, non ne divengono forse più efficaci per gli effetti, che produr si vogliono.

Il più notabile effetto delle lenti, o degli occhiali di vetro, e di cui maggior uso si fa, si è di farci vedere gli oggetti maggiori, ch' essi non pajono alla semplice vista. Questo avviene perchè i raggi, che partono dalle parti opposte A *a*, *b b*, *c c*, *Fig.* 28., convergenti, come A *d*, *a e*, paralleli, come *b d*, *b e*, o divergenti come *c d*, *c e*, dopo avere sostenute le due rifrazioni, si riuniscono dall' altra parte del vetro gli uni più vicino, gli altri più lontano; ma sempre formando degli angoli maggiori, che non ne formerebbono alle stesse distanze i raggi, che venissero in rette linee dai medesimi punti dell' oggetto: perchè a cagion d' esempio, colla semplice vista l' occhio posto in *b* vedrebbe l' oggetto sotto l' angolo A *b a*; per mezzo del vetro lo vede sotto l' angolo *d b e*, ch' è più aperto.

Lo stesso altresì sarebbe, se si supponesse l' occhio posto in *f*, o in *g*: ma perchè il primo di que-

(*a*) Tom. IV. Lez. XIII. pag....

questi due punti è quello, in cui si riunisconoi raggi paralleli, e non possono venirne dei tali dagli spazj compresi tra *ab*, ed A*b*, l' oggetto non vi può essere veduto tutto intiero, s'è così grande, come quì si suppone, riguardo al diametro della lente; e meno ancora se ne vedrà dal punto *g*; dove non possono giungere, se non que' raggi, che sarebbero stati divergenti nella loro incidenza, come *ed*, *ce*.

Se si allontana l'oggetto al di là del punto F, *Fig.* 29. ch'è il fooo de' raggi paralleli, quando la luce viene dall'altra parte del vetro, più non si vede, che confusamente: perchè i fastelli di raggi divergenti *lm*, che procedono da ciascun punto della sua superficie, dopo le due rifrazioni diventano o paralleli, o convergenti, come per la VII. Esperienza si è veduto, ed ho già detto più volte, che quando essi così entrano in un occhio bene costrutto, la visione non è distinta: conviene, che all'uscire dal vetro abbiano altresì un po' di divergenza, e conseguentemente un punto di concorso, come *no*, *pq*.

Non è già che non si possa distintamente vedere l'immagine d'un oggetto, quando il vetro ha reso convergenti fra loro questi fastelli di raggi; ma allora questa immagine tra il vetro, e l'occhio si ritrova, ed è rovesciata. Ciò succede, quanto per la distanza dell'oggetto al vetro, e dal vetro all'occhio i fastelli, che deono in qualche sito riunirsi dopo le rifrazioni, s'incrocicchiano prima d'entrare nella lente, come vedesi in C, *Fig.* 30., ed i raggi componenti s'incrocicchiano pur anche ad una certa distanza, prima d'incontrar l'occhio, come in *a* ed in *b*. In questi ultimi punti di riunione, o d' incrocicchiamento formasi una immagine dell' ogget-

to, che si può ricevere sopra un cartone bianco, o vedere immediatamente mettendo l' occhio in D, cioè a tale distanza, che i raggi di ciascun fastello abbiano ripigliato un grado di divergenza quasi somigliante a quello, che avrebbero, se colla semplice vista si distinguesse l' oggetto. L' immagine *a b* è rovesciata, perchè formata viene da fastelli, che in C si sono incrocicchiati, il che fa che la parte A la più elevata dell' oggetto venga di sotto rappresentata.

Quando l' immagine è dalla parte dell' oggetto, ella è più lungi di lui; perchè ciascun punto di sua superficie essendo veduto per via de' raggi, che divengono meno divergenti, come *n o*, *p q*, *Fig.29.* il loro punto di concorso *f*, dove noi lo riferiamo, è più lontano di quello, da cui partiti sono detti raggi; ma perciocchè queste sorti di vetri ampliano le immagini nel tempo stesso, che le allontanano, noi sentiamo difficilmente quest' effetto, essendo noi naturalmente inclinati a credere, che un oggetto conosciuto sia più vicino a noi, quando più grande il veggiamo. Per superare questo pregiudizio, convien guardare un corpo, che sia lungo e minuto, talmente che se ne veda una parte a traverso della lente, e l' altra colla semplice vista, e si riconoscerà che l' ultima è assai più vicina all' occhio, che l' immagine della prima.

I vetri convessi fanno entrare nell' occhio dei raggi, che non vi entrerebbono, se si vedesse senza di loro l' oggetto: questa si è una conseguenza necessaria del render essi meno divergente la luce; i raggi rifratti essendo più fra loro ristretti, la pupilla deve abbracciarne di quelli, che le sarebbero sfuggiti. Per questo conto si ha ragion di dire, che gli occhiali, e le lenti di vetro ci fan-

fanno vedere più chiaramente, ma conviene altresì considerare, che tutti li raggi cadenti sopra la loro superficie, all' occhio non giungono, molti venendone riflessi verso l' oggetto; e molti ancora rimanendone dal vetro assorbiti, senza parlar di quelli, che si sviano nel passare dal vetro nell' aria, dimodochè, fatto il conto, moltissimi sono que' casi ne' quali appena si troverebbono queste perdite compensate dalla quantità di luce condotta dalla rifrazione all' occhio.

Ciò, che si mira a traverso d' una lente, appar soventi sotto una difforme figura, perchè gli effetti della rifrazione non sono eguali per tutti li fastelli di luce, che vengono dalle diverse parti dell' oggetto all' occhio. Questo principalmente succede quando l' oggetto è grande, ed il vetro è molto convesso; perchè allora è cosa rarissima, che tutti i punti della superficie rifrangente si trovino egualmente discosti da quelli, da' quali procedono i raggi, il che fa che l' occhio riferisce questi a distanze, che non hanno fra loro quella medesima proporzione, ch' esse hanno nell' oggetto, perchè la divergenza de' raggi, che gliene delineano le immagini, è diminuita più per gli uni, che per gli altri. La medesima cagione, che altera la figura, può anche fare, che certe parti molto confusamente si vedano, mentre altre distintamente si rappresentano, e questo si osserva massimamente alle estremità delle immagini, qualora i vetri sono d' un foco corto. In tali casi conviene altresì considerare, che le rifrazioni fatte verso gli orli della lente non concorrono regolarmente con quelle del mezzo, o che si accostano all' asse, come di sopra ho già osservato:

SETTIMO CASO.

Se raggi di luce paralleli paſſano da un mezzo raro, in un mezzo denſo terminato da una ſuperficie concava.

VIII. ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Sì in queſta, che nelle due ſeguenti Eſperienze anche ſi adopera la caſſa deſcritta dalla Fig. 9. ma in vece di far cadere il getto cilindrico di luce ſopra il vetro conveſſo terminante uno de' piccioli lati, s'indirizza nella concavità di quello, che ſta all'altra eſtremità, coſicchè ſegni ſopra un piano verticale nella caſſa elevato un cerchio luminoſo, di cui ſi miſura il diametro; indi al ſolito s'infonde l'acqua.

EFFETTI.

Appena ſi è poſta l'acqua nella caſſa, che ſi oſſerva eſſerſi allargato il getto di luce, contando dal ſuo ingreſso nell'acqua, ed il cerchio luminoſo da lui ſegnato ſul piano verticale divenire più grande a miſura, che ſi ſcoſta detto piano dalla ſuperficie rifrangente. Si veda la Fig. 31.

OTTAVO CASO.

Se raggi convergenti paſsano da un mezzo raro in un mezzo denſo terminato da una ſuperficie concava.

IX. ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Dopo avere ſoltanto levata via l'acqua dalla caſſa, conviene introdurvi per il ſito di ſopra accennato, e ſucceſſivamente, varj getti di luce, ora più,

più, ed ora meno convergenti, somiglianti a quelli della VI. Esperienza; segnare le distanze, dove si terminano le punte di queste piramidi; e poscia mettere dell' acqua nella cassa.

EFFETTI.

Per grande che sia la convergenza della luce, ch' entra nella cassa, tostochè vi si è messa l' acqua, la piramide sensibilmente si prolunga, e si può osservare, ch' essa piglia una forma irregolare, essendo più minuta al suo ingresso nell' acqua di quel che sarebbe se le linee fossero ben rette dalla sua base alla sua punta, Fig. 32. Se si fa la stessa prova con raggi d' una minore convergenza, veggonsi scostarsi gli uni dagli altri di più in più fino a pervenire al parallelismo, e talor anche alla divergenza.

NONO CASO.

Se raggi divergenti escono da un mezzo raro per entrare in un mezzo più denso, che sia terminato da una superficie concava.

X. ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Disposta ogni cosa, come nell' ultima Esperienza, si scosti la cassa insino a che la punta della piramide luminosa, in cui s' incrocicchiano i raggi, e cominciano a divergere, precisamente si trovi nel centro della concavità del vetro: si riceva la base di detta piramide di luce sopra un piano verticalmente elevato a 7. o 8. pollici di distanza nella cassa; se ne misuri il diametro; e si ponga l' acqua nella cassa.

Si replichi l' Esperienza dopo aver avanzata la cassa più vicino al punto C, e poscia dopo averla

da questo stesso punto scostata più di quello, che era nella prima prova.

EFFETTI.

Nel primo caso, essendo la cassa piena d'acqua, il cerchio luminoso non cangia di grandezza, nè la piramide di forma.

Nel secondo la base della piramide meno larga diviene nell'acqua di quel che fosse nell'aria.

Nel terzo ella di più si allarga, e nell'uno e nell'altro di questi due ultimi, detta piramide si sfigura alcun poco, come veder si può dalla Fig. 33. in P, ed in E.

Da queste tre ultime Esperienze risulta, che nel passare da un mezzo raro in un mezzo denso terminato da una superficie concava, 1. I raggi paralleli diventano divergenti.

2. I raggi convergenti perdono una parte della loro convergenza.

3. I raggi divergenti aventi il loro punto di dispersione nel centro della concavità, non sostengono rifrazione veruna: quelli che vengono più di lontano, che non è il centro, diventano più divergenti: e quelli, che da più vicino divergono, perdono una parte della loro divergenza.

SPIEGAZIONE.

Nella VIII. Esperienza i raggi paralleli diventano divergenti nell'entrare nell'acqua, perchè cadendo da un mezzo raro sopra la superficie d'un mezzo denso, che obliquamente per la sua incurvatura si presenta, si rifrangono accostandosi alle linee C*f*, C*g*, *Fig*.34. che sono le perpendicolari alla superficie *bhe*, poichè sono i raggi prolungati di questa concavità; e perchè lo stesso avviene di tutti i raggi di luce, che sono intorno all'asse C*h*, ne risulta una figura conica, la cui base è più lar-

ga

ga di quella del cilindro *a b d e* formato dai raggi incidenti.

Noi vediamo per la IX. Esperienza, che i raggi convergenti come *a b*, *d e*, *Fig.* 15. lo diventano meno passando nell' acqua, e quest' effetto è una necessaria conseguenza dello avvicinarsi i raggi rifratti *b i*, *e i* alle perpendicolari C*f*, C*g*. E quando i raggi incidenti tendono meno a riunirsi, l' allontanamento de' raggi rifratti dev' essere più manifesto: ben si comprende poter esso arrivare anche a renderli paralleli, o divergenti.

Finalmente per la X. Esperienza si vede, che i raggi di luce, che divergono dal centro medesimo della superficie cóncava *b b e*, come C*f*, C*g*, Fig. 36. non si rifrangono entrando dall' aria nell' acqua; e questo avviene perchè non sono nel caso della rifrazione, essendo la loro incidenza perpendicolare a tutti li punti della concavità, della quale seguono i semidiametri C*b*, C*e*, ec. Ma quando essi hanno il loro punto di dispersione più vicino, o più lontano, che il centro C, come *k b*, o *l b*, essi necessariamente rifrangonsi accostandosi alla perpendicolare *b f*: il che fa che nel primo caso i raggi rifratti meno divergenti divengano, che i raggi incidenti, e che nel secondo succede tutto l' opposto.

APPLICAZIONI.

La natura non ci offre quasi alcun esempio della luce rifratta passando dall' aria in un mezzo più denso, da una o due superficie concave terminato. L' acqua, e gli altri liquori trasparenti hanno quasi sempre delle superficie piane, e quando se ne riempiono dei vasi o dei bacini aventi i loro fondi convessi, se questi medesimi fondi sottili non sono e trasparenti per dar passaggio ai raggi, che più da lungi venissero, non dobbiamo sperare, che que-

ſte maſſe liquide ci moſtrino degli effetti, che abbiano relazione con quelli, che abbiamo teſtè ſpiegati. L' arte però produce dèi corpi d' una traſparenza, e figura propria a rarefare la luce, che ſono ſtati inventati a fine di cangiare in certi caſi le direzioni riſpettive e naturali de' ſuoi raggi: e tali ſono i vetri ſcavati da una parte, e piani dall' altra, e quelli, che hanno le due ſuperficie concave.

Queſte ſorti di vetri hanno tre effetti notabili: fanno vedere gli oggetti minori di quel che ſono, più da preſſo, che colla ſemplice viſta non ſi vedrebbono, e con minore chiarezza. Per dedurre più facilmente dalle noſtre Eſperienze le ſpiegazioni di tali apparenze, noi ſupporremo dei vetri d' una concavità sferica, come ſono quaſi ſempre, e queſta concavità uguale d' ambe le parti, come appare dalla Fig. 37. la quale rappreſenta la diviſione di uno di tali vetri, ſecondo l' aſſe della ſua sfericità.

Ogni cagione, che diminuiſce la convergenza dei raggi di luce vegnenti dalle èſtremità d' un oggetto all' occhio, diminuiſce neceſſariamente l' apparente grandezza di eſſo, perchè allora veduto viene ſotto un angolo minore. Ora queſto fa per l' appunto un vetro concavo; perchè giuſta il riſultato della IX. Eſperienza, i raggi A *d*, B *e*, che naturalmente concorrono in D, meno divengono convergenti nella ſpeſſezza del vetro di quel che foſſero prima di entrarvi; ſe accade allora che queſti raggi rifratti convergano preciſamente al punto F, ch' è il centro dell' altra concavità G H I, eſcono eſſi dal vetro ſenza patire una ſeconda rifrazione; ma l' apparente grandezza dell' oggetto è ſempre diminuita; egli viene veduto ſotto l' angolo *a* F *b*, in vece che ſenza l' interpoſizione del

ve-

vetro vedrebbesi sotto l' angolo A F B, ch' è maggiore.

Nel caso, in cui i raggi rifratti *df*, *eg*, tenderebbero a congiungersi più lungi del punto F, l' angolo visuale diverrebbe anche più picciolo: perchè uscendo dal vetro per rientrare nell' aria, questi raggi sosterrebbero un' altra rifrazione, che allontanandoli dalle perpendicolari, *pp*, *qq*, gli renderebbe ancora meno convergenti di quel che fossero prima della loro uscita.

Può finalmente intervenire, che la prima rifrazione lasci tuttavia ai raggi *df*, *eg*, un grado di convergenza, che tenda a riunirli più vicino al vetro, che il punto F: il che produrrebbe una seconda rifrazione in senso contrario alla prima; ma siccome l' incidenza de' raggi *df*, *eg*, non può mai essere tanto obliqua sulla superficie dell' aria G H I, quanto quella dei raggi A *d*, B *e*, lo dev' essere sulla superficie del vetro C K E, per far nascere la circostanza, di cui si tratta, la seconda rifrazione si trova indipensabilmente più debole della prima, ed incapace per conseguenza di compensarla.

I vetri concavi ci diminuiscono altresì la distanza apparente; perciocchè nell' attraversarne la spessezza, i raggi divergenti, che appartengono a ciascun punto visibile dell' oggetto, si scostano di più gli uni dagli altri, come si è veduto dal 3. risultato della X. Esperienza: da questo effetto risulta, che il punto luminoso A, Fig. 38. è riferito in *a*.

Egli è vero, che giusta i due primi risultati della detta Esperienza può succedere, che i raggi procedenti da un punto stesso posto a certe distanze da una superficie concava e rifrangente, come l' acqua, il vetro, ec. conservino il loro grado di di-

divergenza nel mezzo denſo, o che ne perdano anzi piuttoſto che acquiſtarne; ma queſti caſi non hanno mai luogo quando la luce attraverſa tutta la ſpeſſezza d'un vetro, di cui ſieno concave le due ſuperficie, per continuare a muoverſi nell'aria. Perchè ſe il punto raggiante è poſto al centro d'una delle due concavità C E, *Fig.39.* e che per queſta ragione i raggi, A *b*, A *c*, paſſino direttamente ſino all'altra ſuperficie G H, allora la loro incidenza ſull'aria è obliqua, e la rifrazione, che indiſpenſabilmente ſoſtengono, gli allontana dalle perpendicolari F *p*, F *q*; il che gli fa riguardare come ſe veniſſero dal punto *a*, ch'è più vicino di quello, da cui ſono emanati.

Se vengono da più vicino, che il punto A, e conforme al 2. riſultato perdono entrando nel vetro una parte della loro divergenza, l'incidenza ſopra l'ultima ſuperficie è talmente obliqua, che la ſeconda rifrazione gliene rende loro più di quel che per la prima ne perdettero, come ſi può vedere dalla *Fig.* 40. conſiderando che i raggi emergenti *d e*, *f g*, ſembrano venire dal punto K, ch'è più vicino al vetro di quello da cui ſon partiti.

Quando il vetro è concavo da una parte, e piano dall'altra, produce eziandio gli ſteſſi effetti riſpetto alla viſione, col divario ſoltanto del più al meno: perchè ſe i raggi convergenti lo ſono tuttavia dopo la prima rifrazione, come *d e*, *Fig.*41. paſſando obliquamente per la ſuperficie piana G H, un'altra volta rifrangonſi in ſenſo alla prima contrario, ma più debolmente, perchè l'incidenza in *e* non è così obliqua, come quella del raggio *b d* ſopra la concava ſuperficie C E; e conſeguentemente il raggio emergente *e f* rimane ſempre meno

no convergente all' asse A F, di quel che fosse prima d' incontrare il vetro.

Rispetto ai raggi divergenti, quando essi partissero dal centro della concavità, ed andassero in retta linea fino alla superficie piana, come A *c*, non potrebbero allora far di meno di rifrangersi per l' obbliqua incidenza loro sopra G H, e questa rifrazione, come può vedersi dalla Figura, accrescerebbe la loro divergenza.

Finalmente gli effetti sono sempre gli stessi, o si presenti alla luce la superficie piana del vetro, o si presenti la concava. Se il raggio viene dal punto F, due volte si rifrange, cioè in *h* ed in *g*, si scosta dall' asse A F della quantità A *l*. Se parte dal punto A, più d' una volta non si rifrange, ma assai fortemente, per andare in *i*: questa sola rifrazione equivale alle due altre; e questo compenso si ritrova altresì negli altri casi, o vi sieno due rifrazioni contro una, o ve ne sieno due dall' una parte e dall' altra.

Quanto al grado di chiarezza, egli è evidente che i vetri concavi devono alquanto sminuirla; poichè accrescono essi la divergenza della luce, impediscono che non ne entri tanto nella pupilla, quanto ne potrebbe questa ricevere, senza la loro interposizione.

Fine della prima Parte.

L E-

LEZIONI
DI
FISICA SPERIMENTALE.
PARTE SECONDA.

LEZIONE XVII.
Continuazione delle Proprietà della Luce.

III. SEZIONE.

Della luce composta, ovvero della natura de' Colori.

PRima di Neutono nessuno si era immaginato, che la luce potesse scomporsi, nè che si distinguessero le sue parti separate le une dalle altre per via di proprietà costanti, e di effetti sensibili (*a*). Il Cartesio, e coloro, che sopra i suoi principj ragionarono intorno alla natura di questa materia, l'avevano considerata, come un fluido omogeneo, ma suscettibile di certe modificazioni, coll'ajuto delle quali credevano di potere spiegare tutto ciò, che i colori concerne. Si supponeva, che i globetti livellati, che formano i raggi, oltre l'impulsione che ricevono dal corpo luminoso, e che in retta linea si tras-

(*a*) Vossio aveva bensì detto, i colori contenersi tutti nella luce; ma Neutono fu il primo, che sviluppasse questa idea, facendo vedere separatamente, e distintamente le differenti parti della luce scomposta.

si trasmettono, si aggirassero ancora intorno al proprio loro centro, e che da questi due movimenti combinati e variati in infinito, per lo più, e per lo meno di velocità, e di massa, nascessero nel fondo dell' occhio tutte quelle diverse impressioni, alle quali abbiam dato il nome di *rosso*, di *giallo*, di *ceruleo*, ec. con tutte le mescolanze, che loro appartengono.

Non v' è ipotesi, che non abbia il suo debole, e le sue difficoltà: questa senza dubbio non ne è priva; ma per quanto le si possa opporre, devesi però confessare, ch' ella è ingegnosa, semplice, e naturale. Anche dopo avere abbracciato quanto Neutono stabilì col mezzo dell' esperienza, può un Fisico senza ripugnanza ritenere l' essenziale di questa dottrina: perciocchè riconoscendo molte spezie di luce non si può forse supporre che ciò, che costituisce le loro differenze, sia una certa combinazione di movimenti, di cui il tale e il tal altro ordine di globetti è suscettibile a ragione del più o del meno di massa, e di velocità; com' è verisimile, che in un volume stesso di aria vi sieno delle particelle più grossolane, e d' una elasticicà meno vivace, per le quali si fanno intendere i tuoni gravi, e delle altre che da differenti qualità vengano rese acconce a trasmettere dei suoni più acuti? Neutono ha voluto attenersi ai fatti per render ragione dei colori, e fece saviamente: ma se si vuole andar più in là, e risalire alle cagioni di questi fatti per via di conghietture, quelle del Cartesio, e del Padre Malebranchio prese insieme per molti rispetti mi pajono plausibili: e tali parvero allo stesso Neutono (*a*). Io le indico al Lettore, che vorrà istruirse-

(*a*) Veggasi la terza delle quistioni poste in fine all' Opica di Neuton.

sene: ma l'Esperienza nulla producendo, che sodamente queste opinioni stabilisca, io mi fermo col Filosofo Inglese sopra gli effetti sensibili, che servir possono a spiegare i fenomeni della visione, che hanno rapporto ai colori.

Noi distinguiamo gli oggetti visibili, non solamente per le loro grandezze, figure, situazioni, distanze, gradi di chiarezza, ma ancora per una specie d'illuminazione, per cui ciascuno di essi riluce agli occhi nostri in particolare maniera, e che non dipende dalla quantità di luce, che lo rischiara. Questo ultimo mezzo di visibilità si è quello appunto, che la natura varia con una magnificenza senza pari, e di cui abbellisce ella tutte le sue produzioni: questa, dico, particolare apparenza delle superficie si è ciò, che noi chiamiamo *colore* in generale, e di cui esprimiamo le spezie coi nomi di *bianco*, di *rosso*, di *giallo*, di *ceruleo* ec.

Naturalmente s'inclina a credere, che i colori, e le loro mescolanze appartengano ai corpi che a noi gli fanno sentire; che il bianco risieda nella neve, il rosso nella stoffa tinta di scarlatto, il verde nell'erba de' prati, ec. ed è questo un pregiudicio per molti riguardi mal fondato. Per sapere cosa se ne debba pensare, riflettiamo alcun poco a ciò che si passa all'aspetto di un oggetto colorito.

La luce cade sopra un corpo, e lo rende visibile. Se noi allora lo miriamo, i raggi ch'esso tramanda, o che riflette verso de' nostri occhi, vi ritraggono la sua immagine, e noi la giudichiamo del tale, o tal altro colore. Questo giudicio non ha mai luogo, se l'oggetto non è rischiarato: di notte tempo ogni cosa è nera, e niente è colorito: adunqne i colori dipendono dalla luce;

ce; senza di essa non se ne avrebbe idea veruna.
Essi dipendono altresì dai corpi; perciocchè esposti alla medesima luce, il vino ed il cinnabro compajono rossi, mentre la birra e l'oro son gialli, ed i campi si mostrano mirabilmente smaltati di fiori di ogni colore.

Ma tutto questo è posto fuori di noi, e non ce ne verrebbe alcuna nozione, se la luce tramandata o riflessa dagli oggetti non toccasse l'organo della vista per rendere tali apparenze sensibili, e se queste impressioni non destassero in noi delle idee, che noi apprendemmo ad esprimere con certi termini. Un cieco, come si sa, non distingue i colori, e s'egli sempre fu cieco, i nomi che loro si danno non glie ne fanno nascer l'idea: Diciamo adunque che i colori considerati in noi sono sensazioni, non altrimenti che i sapori, gli suoni, gli odori, ec.

Queste riflessioni ne indicano tre punti di vista, sotto i quali noi possiamo trattare de' colori. 1. Possiamo considerarli nella luce. 2. Ne' corpi, in quanto sono coloriti. 3. Rispetto a quello de' nostri sensi, ch'essi affettano particolarmente, e per cui gli distinguiamo.

ARTICOLO PRIMO.

Dei colori nella luce considerati.

Ho notato nella precedente Sessione, favellando de' corpi rifrangenti tagliati a modo di lenti, che la curvatura sferica non serviva a raccogliere nel più picciolo spazio possibile i raggi di luce, che partono divergenti da ciascun punto di un oggetto; che ad effetto di perfezionare gli occhiali o telescopi di rifrazione avevano i Matematici cercate ed indicate altre sorti di convessità più acconcie a produrre questa perfetta riunione; ma che la difficoltà di farle prendere al

vetro aveva impedito il porre cotali mezzi in uſo. Neutono (*a*) dopo il Carteſio (*b*) ſi applicò ſeriamente a queſte ricerche, ed a procurare, ſe foſſe poſſibile, agli Artiſti dei modi ſicuri per ſabbricare delle lenti, che i raggi di luce meglio raccoglieſſero, che non poſſono fare i ſegmenti di sfere. Ma in vece di giungere al fine propoſtoſi acquiſtò nuove cognizioni, per le quali anche più ſe ne allontanò: ſcoprì eſſer impoſſibile di riunire perfettamente, come ſi deſiderava, i raggi della luce, quand'anche il corpo rifrangente a tal effetto adoperato foſſe nella maniera la più convenevole a produrlo tagliato: conobbe da eſperienze deciſive, che la luce non è nelle ſue parti omogenea, e che ne ha di più rifrangibili le une delle altre, onde neceſſariamente avviene, che una lente di vetro, qualunque eſſer ne poſſa la curvatura, quando riceve un faſtello di raggi vegnente da un aſtro, o da altro corpo luminoſo, rende gli uni più convergenti degli altri, e quelli ſolamente riuniſce in un ſol punto, che ſono di natura a piegarſi egualmente: " Io mi avvi„ di, dic'egli, che quello, che aveva impedito „ il perfezionare i teleſcopj, non era già, come „ ſi era creduto, il difetto della figura dei ve„ tri, ma piuttoſto il miſcuglio eterogeneo de i „ raggi differentemente rifrangibili „ (*c*).

Fece Neutono queſta bella ed importante ſcoperta riflettendo ſopra di un fenomeno gran tempo innanzi conoſciuto, e che ſempre con ammirazione ſi vede, quando ſe ne fa l'eſperimento, come ſegue.

PRI-

(*a*) Principj della Filoſ. natur. Lib. I.

(*b*) Dioptrica, cap. 8.

(*c*) Tranſazioni Filoſofiche N.80. Queſto può riferirſi all'anno 1665.

PRIMA ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Nell' anta di una finestra esposta a mezzodì, o quasi, o veramente nel fondo *a c b* della cassa rappresentata per la *Fig.6.* della XV. Lezione, Tav. 2., convien praticare un buco rotondo di 5. in 6. pollici di diametro, per ricevervi l' istromento AB, *Fig.* 1., che vi si ferma con delle viti, o in altra maniera. Quest' istromento è formato di un canello lungo un piede, o poco meno, aperto alle due estremità, e portante all' una di queste una palla di legno, che attraversa, per mezzo della quale in ogni senso si muove in un doppio guscio a modo d' un ginocchio.

Questo cannello, che può avere due pollici di diametro, deve corrispondere in una camera ben oscura, e serve ad introdurvi un getto di luce vegnente immediatamente dal Sole, o riflesso in qualche altra direzione per mezzo di uno specchio piano di metallo, situato nella cassa o sopra un sostegno fuori della finestra (*a*). Si restringe l' apertura C quanto si vuole con un pezzo di le-

(*a*) La miglior maniera di fare le esperienze, onde siamo per parlare in questo Articolo, si è d'introdurre il raggio Solare immediatamente, e senza l' ajuto d' alcuno specchio. Così le fece Neutono, e così dovea fare, per avere dei risultati fuori d' ogni sospetto. Ma se la finestra non è esposta al mezzodì, o quasi, e se la stagione fa prendere al Sole un' altezza meridiana troppo grande, convien riflettere il raggio per gettarlo in una conveniente direzione: questo può farsi quando non si tratta che di replicare Esperienze già note, usando sempre però la precauzione di scegliere degli specchj ben perfetti per la figura, e la pulitezza. Que' di metallo, perchè non han-

gno duro fatto a cul di lampada, incavato come un imbuto, e guernito alla cima d'una picciola piastra di metallo forata nel mezzo.

Per le esperienze che far si vogliono all'oscuro, questo cannello mobile serve assai meglio che un semplice buco nella finestra; perciocchè impedisce, che la luce riflessa dagli oggetti esteriori non ispargasi nella camera; il che può indebolire anzi far mancare gli effetti, che si desiderano vedere.

Al raggio di luce introdotto nella camera col detto cannello si oppone l'angolo d'un prisma triangolare D, *Fig.* 2. formato d'un pezzo di sodo vetro, le cui facce sieno ben diritte, e pulite quanto più perfettamente si può. Veggasi la *Fig.* 3.

Per rendere i miei prismi di un uso più comodo, e per mantenerli puliti qualora si depongono sopra tavole, io fo guernire le estremità di due incassature di rame, in mezzo alle quali sono assodate da E, E, dello stesso metallo, che sono come l'asse del prisma d'ambe le parti prolungato. Servono questi perni a sostenerlo, ed a farlo girare fra due sostegni elevati perpendicolarmente sopra la riga F F, sostenuta da una gamba rotonda, che s'innalza e si abbassa, scorrendo in un piede, e che si ferma all'altezza che si vuole, per la pressione d'una vite G. In cima a detta gamba è altresì un modo di commessura H simile a quello della testa d'un compasso, per mezzo di cui s'inclina il prisma quanto si vuole.

L'angolo del prisma, per cui si fa passare il raggio Solare, non ha grandezza determinata pel

suc-

hanno che una sola superficie riflettente, sarebbero sempre preferibili a quelli di cristallo stagnato, che hanno una doppia riflessione, se facilmente non si appannassero.

ſucceſſo dell' Eſperienza. Quellllo di cui valevaſi Neutono era quaſi equilatero; ſi può beniſſimo riuſcire anche con angoli più piccioli; pure è meglio che non ſieno minori di 45. gradi.

Siccome il vetro è ſoventi difettoſo, o per le fila, o per i bolli che contiene nella ſua ſpeſſezza, conviene ſcegliere dei priſmi che abbiano 5. o 6. pollici di lunghezza, e le faccie larghe un buon pollice, a fine di potervi più facilmente ritrovare dei ſiti d' una convenevole omogeneità.

In difetto di priſmi di ſodo vetro ſe ne poſſono fare con lame di criſtallo ſottile, bene ſpianate, e congiunte inſieme per mezzo di qualche maſtice; ſi riempiono d' acqua limpida, o d' alcun altro liquore limpido, di cui conviene conoſcere la potenza rifrattiva.

EFFETTI.

Quando il raggio Solare ha attraverſato l' angolo del priſma, in vece di ſeguire il ſuo primo cammino, e d' andar a formare in I un cerchio ſemplicemente luminoſo, ſi rileva in una ſituazione quaſi orizzontale colle ſeguenti circoſtanze.

1. Sembra queſto raggio dilatato a foggia di ventaglio, e fa ſopra un cartone bianco K L verticalmente elevato a 16. o 18. piedi di diſtanza dal priſma, un immagine lunga (*a*) ro-

(*a*) La lunghezza dell' immagine colorita dipende dalla grandezza dell' angolo del priſma, e dalla diſtanza, che ſi pone fra detto priſma, ed il cartone ſu cui riceveſi la luce rifratta. A 16. piedi dal priſma, miſura di Francia, l' immagine ha 9. pollici in circa di altezza, quando l' angolo rifrangente è di 65. gradi, ed il raggio incidente è di tanto inclinato all' una delle faccie, di quanto il raggio emer-

tonda nella parte ſuperiore e nella inferiore, è compreſſa dall' un capo all' altro fra due linee rette parallele.

2. La larghezza di queſta immagine agguaglia il diametro del cerchio luminoſo, che il raggio Solare ſegnerebbe in I, ſe non incontraſſe il priſma, dal che ſi può conchiudere che il raggio non è dilatato, ſe non in un ſenſo.

3. Queſta luce rifratta, contando dal priſma inſino al cartone, appare in varie faſcie diverſamente colorite; e l' immagine MN, che ne viene formata, ha i medeſimi colori nell' ordine che ſegue di giù in sù: roſſo, arancio, giallo, verde, turchino, indico, violetto.

SPIEGAZIONE.

Avendo Neutono più volte, e con gran diligenza reiterata l' Eſperienza riferita, ritrovò, che coſtantiſſimi ne erano i riſultati, e dopo avervi fatta matura rifleſſione intrapreſe di ſpiegarli colle ſeguenti conghietture. Gli venne in mente, che la luce poteſſe eſſere un fluido di parti eſſenzialmente diverſe compoſto; primieramente pel grado di rifrangibilità, ſecondariamente per la prerogativa di eccitare in noi il ſentimento di certi colori.

In fatti ſupponendo queſti due punti non è difficile dar ragione de' ſopra mentovati effetti. Perciocchè 1. Se ſi conſidera il raggio totale, che entra nel priſma, come un ammaſſo di filetti di luce, che non ſi ſviano egualmente dal primo loro cammino, nel rifrangerſi, egli è forza che gli uni ſi elevino più degli altri al di ſopra dello ſpazio circolare I, dove tutti ſi ſarebbero reſi, ſenza l' in-

gente lo è all' altra; il che ſi riconoſce quando facendo girare il priſma ſul ſuo aſſe, l' immagine colorita ceſſa di ſalire per cominciare a diſcendere.

l'interposizione del corpo rifrangente; e quindi risultar deve quella dilatazione di giù in sù, che dà, come si vede, la forma d'un ventaglio alla luce rifratta.

2. Ne segue ancora dallo stesso supposto, che l'immagine MN dev'essere assai più lunga che larga; perchè il raggio non essendo, se non in un senso, dilatato, la larghezza compresa fra i due lati rettilinei non deve eccedere il diametro del cerchio luminoso, che sarebbe apparso in I, senza l'interposizione del prisma.

3. Quest'immagine stessa esser deve arritondata, come di fatti lo è, alle sue due estremità, perchè si può con tutta ragione credere, ch'essa venga formata da immagini circolari, che anticipino le une sopra le altre in tanto numero, quante spezie vi sono di raggi differentemente rifrangibili: il gran numero di queste immagini circolari, e la contiguità de' loro centri fanno probabilmente, che non si distinguano degli angoli rientranti, e che i lati sieno sensibilmente rettilinei.

4. Nel soppoſto che i filetti di luce componenti il raggio incidente sieno capaci di rifrangersi più gli uni che gli altri, sperar non si deve, che la luce dopo le rifrazioni si dilati, o si sparpagli in altro senso, che di giù in sù, perchè il prisma avendo le sue basi eguali e simili, le superficie dei lati essendo altresì ben rette, la luce cadente sopra linee prese secondo la lunghezza del vetro penetra delle spessezze comprese fra linee parallele; ed allora o non vi sono rifrazioni in questo senso, o la seconda rende insensibili gli effetti della prima.

5. Finalmente se i colori, che si osservano nell' immagine MN, risiedono veramente nella luce, ed i raggi divisi e separati gli uni dagli altri so-

no capaci di risvegliare costantemente in noi le idee, che abbiam affisse ai nomi di rosso, arancio, giallo, verde ec. quando si sono una volta sviluppati in virtù del più o del meno della rifrangibilità, devono essi veramente comparire sotto detti colori, sia che immediatamente si guardino, sia che il cartone bianco, che gli ricevette, verso i nostri occhi gli rifletta.

Se così è, nella luce, quale naturalmente ella è, vi sarebbono sette spezie di raggi capaci di produrre altrettanti colori.

Questi colori semplici o primitivi si appellerebbono, e si attribuirebbono alle diverse loro combinazioni tutti gli altri, che nella natura si osservano.

La luce senza colore, quale appare venendo immediatamente dal Sole, o da altro astro, sarebbe quella, che racchiuderebbe per un perfetto mescolamento tutti i colori semplici, e quello che nero si chiama altro non sarebbe, che privazione d'ogni qualunque luce semplice o composta.

Questo è quanto Neutono concepì meditando sopra l'esperienza del prisma; ma benchè questi primi pensamenti gli si affacciassero alla mente con tutta l'aria di verisimiglianza capace a sedurre, egli però da Filosofo, che sinceramente cercava la verità, non credette dovervisi fidare, se non dopo avere ben verificato quanto si era fatto lecito di supporre, e dopo aver provato con i fatti e con ragionamenti concludenti l'insufficienza delle spiegazioni, che si vorrebbero alle sue sostituire. Lo fece egli con una forza, e con una sagacità degna del suo ingegno in un Trattato eccellente (*a*) che si trova oggi fra le mani di tutti, e che dev'

(*a*) Trattato d'Optica sopra la luce, e sopra i colori, tradotto dall'Inglese in Franc. dal Sig. Costes.

dev' esser letto interamente per bene instruirsi di tale materia. Io n' ho estratto quanto credetti necessario per istabilire sodamente il fondamento del sistema; e nel gran numero d' Esperienze addotte in prova dall'Autore, ho scelte quelle, che mi parvero più belle, più concludenti, e delle quali il successo non dipende da manipolazioni troppo dilicate, affinchè il Lettore curioso di vederle possa egli stesso da per sè replicarle, senza temer di errare.

Tutta la teoria, di cui si tratta ora, su due principali punti si aggira, che sono i seguenti: 1. La luce è composta di raggi rifrangibili gli uni più degli altri. 2. Ciascun raggio è d' un determinato colore, di cui si tingono gli oggetti, ch' esso rischiara. Disaminiamo con Neutono, se le due apparenze, che si osservano nell' esperienza del prisma, sono modificazioni accidentali della luce, come si potrebbe credere, o proprietà inerenti, che per niente cangiar si possano.

II. ESPERIENZA.

Preparazione.

Disposta ogni cosa, come nella prima Esperienza, si riceve la luce rifratta sopra l' angolo d' un secondo prisma A B, collocato alla distanza d' un piede dal primo, ed avente il suo asse in una situazione verticale, come appare dalla *Fig.* 4.

Effetti.

Tutti i raggi vegnenti dal primo prisma, ricevuti sopra il secondo, si piegano da un lato, e vanno a formare sopra un cartone bianco, che loro si presenta, una immagine per le sue dimensioni, e per la disposizione de' suoi colori somigliante a quella della prima Esperienza, con questo solo divario, ch' essa non è più in situazione verticale, ma inclinata.

Spie-

SPIEGAZIONE.

I due prismi intersecandosi ad angoli retti, le rifrazioni prodotte dal secondo non possono a meno di far andare dalla destra alla sinistra, o dalla sinistra alla destra, i raggi, che il primo ha sviati di giù in sù: ed ecco perchè la situazione dell' immagine, ch'era verticale nell' Esperienza precedente, in questa è divenuta obliqua. Ma quello, che vi è quì di essenziale ad osservarsi, si è che i colori sono sempre i medesimi; che le loro rispettive posizioni non sono cangiate, e che l'immagine è costantemente della medesima larghezza: perciocch' essendo fuor di dubbio, che nella prima pruova la porzione gialla del raggio di luce si è separata dalla rossa, e dalla turchina; perchè meno di questa, e più di quella si è rifratta: se tutti li colori conservano costantemente fra loro lo stesso ordine, in qualunque senso sieno essi rifratti dopo la loro separazione, non v'è forse luogo di credere, ch' essi sieno inalterabili, e che appartengano inseparabilmente ai raggi, che gli portano? E se la lunghezza dell' immagine colorita venisse da una semplice dilatazione, o sparpagliamento della luce rifratta, come pretesero alcuni Autori, non si comprenderebbe certo perchè il secondo prisma non produrrebbe in larghezza ciò che il primo ha fatto in altezza. Esso dovrebbe estendere la porzione rossa, la gialla, la verde, ec. in tante fasce non meno lunghe della prima immagine M N, ed il tutto dovrebbe insieme formare un quadrato, come M *m*, N *n*; in vece che a tutto si risponde con dire, che queste porzioni di luce colorite erano dapprima unite insieme e mescolate nello spazio circolare, che si vede in I Fig. 3. e che più forti rifrazioni per gradi non fecero altro, che trasportarle le une al di sopra delle altre, senz' ampliare i cerchj, ch'

esse

esse potevano formare. L'esperienza stessa comprova questa spiegazione: e con alquanto di diligenza, e di destrezza si può vedere successivamente la maggior parte de' cerchj coloriti, de' quali si suppone quì formata la totale immagine MN, procedendo nel modo seguente.

III. ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Replicate la prima Esperienza: scegliete dei pezzi di vetro molto spesso, uno de' quali sia rosso, un altro verde, ed un terzo di un turchino molto carico: assicuratevi che le superficie di detti vetri sieno ben piane e fra loro parallele; indi presentatele successivamente ai raggi rifratti ad un piede di distanza dopo il prisma:

EFFETTI.

Ciascun di detti vetri non lascia passare, se non quella spezie di luce, il cui colore è analogo alla sua trasparenza (*a*); ed il cartone bianco, su cui viene ricevuta, non rappresenta a ciascuna prova, se non un cerchio (*b*) uniformemente colorito, il cui diametro è uguale a quello del cerchio luminoso che appare in I, quando il raggio Solare vi

(*a*) Per fare felicemente questa Esperienza conviene scegliere dei vetri di un colore assai carico, senza di che i raggi rossi, e gialli, che sono molto forti, passano in parte, e formano un cerchio debole del loro colore, che copre alquanto quello che uno si propone di veder solo.

(*b*) Quando si fa questa prova si deve avvertire di girare il prisma sopra il suo asse infinattantochè l' immagine cessi di salire, per cominciare a discendere; senzadichè in vece d' un cerchio si avrebbe un ovato; e con questa precauzione medesima l'immadine circolare, di cui favello, non è racchiusa in un cerchio, preso col rigore Mattematico.

vi va in retta linea, e ſenza rifrazione. In oltre ſi oſſerva, che il cerchio verde va a collocarſi ſul cartone più alto, che il roſſo, e più abbaſſo che il turchino; coſicchè ſi può legittimamente conchiudere da queſta Eſperienza, che ſe tanti corpi ſi aveſſero diverſamente coloriti e traſparenti quanto ſono le diverſe ſpezie dei raggi nella luce, ſi avrebbero, gli uni dopo gli altri, tutti i cerchj, di cui l'immagine M N è compoſta.

I raggi conſervano coſtantemente il loro grado di rifrangibilità, ed i proprj loro colori, non ſolamente dopo una ſeconda rifrazione, come provò la ſeconda Eſperienza, ma dopo ancora la terza, la quarta, ec. „Ho meſſo talvolta, dice Neutono, un terzo priſma dopo il ſecondo, ed un „ quarto dopo il terzo, affinchè per tutti queſti „ priſmi poteſſe l'immagine eſſer ſoventi rotta „ da lato; ma i raggi che nel ptimo priſma ſoſ„ frivano una rifrazione più grande che il reſto, „ ne ſoffrivano una maggiore in tutti gli altri „ priſmi; e queſto, ſenzachè l'immagine foſſe „ in alcun modo dilatata da lato. Giuſtamente „ adunque, conchiude il medeſimo, queſti raggi „ coſtanti in eſſere più rotti, che gli altri, repu„ tati vengono più rifrangibili (a).“ Locchè ſi può ancora provare nel modo, che ſegue.

IV. ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Rifratto che ſi è, come nella prima Eſperienza, un raggio Solare groſſo come il dito, ſi eleva verticalmente alquanto più lontano, che il priſma, una tavola ſottile di circa un piede di larghezza in ogni ſenſo, avente nel mezzo un buco rotondo, il cui diametro ſia un quarto di pollice in circa, a fine di ricevere, e traſmettere una

par-

(a) Tratt. d'Opt. Lib. I. Part. 2. Prop. 2.

parte della luce rifratta. Dieci o dodici piedi più discosto verso il fondo della camera convien elevare un'altra simile tavola, per mezzo di cui si possa ancora intercepire una gran parte della luce, che sarà passata per l'apertura della prima, e collocarvi dietro, a dirimpetto del buco, l'angolo di un altro prisma per rifrangere ancora la picciola porzione di luce colorita, che sarà trasmessa. Veggasi la *Fig.* 5.

Le tavole quì accennate, e di cui non si è segnato, che il luogo ed il sito, per le linee P Q, *p q*, sono dabbasso guernite di un pezzo di metallo, che più o meno s'interna in un piede, e che si ferma a quell'altezza, che si desidera per la compressione di una vite O, *Fig.* 6. Il buco che si trova nel mezzo ha quasi un pollice di diametro, ed a piacimento si ristringe col mezzo d'una piastra di rame sottile tagliata in semicircolo, avente verso la semicirconferenza varj buchi di diverse figure e grandezze, e girandosi sul centro del circolo, di cui essa è parte, in modo, che tutti i suoi buchi possano l'un dopo l'altro corrispondere a quel della tavola.

Facendo girare adagio il primo prisma sul proprio asse, si deve far in modo, che i raggi ritratti passino successivamente pel buco della prima tavola, e quinci per quello della seconda fino al prisma *f t u*, ed aver cura che questi tre pezzi, cioè le due tavole, ed il secondo prisma, rimangano ben fissi, acciocchè tutti li raggi, che provar si vogliono, abbiano sempre un'eguale incidenza sulla faccia *f t*.

Devesi altresì opporre, alcuni piedi al di là, un cartone bianco, come Y *y*, per ricevere i raggi che saranno stati rotti dall'ultimo prisma, e segnare esattamente il luogo, dove ciascuno di essi si renderà.

EFFETTI.

Così procedendo costantemente si osserva, che il raggio rosso al punto Z si eleva, il giallo alquanto più in sù, il turchino, ed il violetto anche di vantaggio.

Adunque si deduce da questa Esperienza evidentemente, che i raggi, i quali si sono maggiormente rotti passando pel primo prisma, sono altresì quelli, che soffrono le rifrazioni maggiori passando pel secondo. Aggiungiamo ancora una prova alle finora riferite.

V. ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Pigliate una lista di cartone larga due dita, e lunga cinque in sei pollici: dividetene la lunghezza in due parti eguali per una linea perpendicolare in due lati, come A B, *Fig. 7.* Incolate sopra l'una di queste due metà A B C D un pezzo di panno tinto in turchino oscuro, e coprite l'altra con panno tinto di scarlatto, o cremesino. Collocate tutto questo apparecchio sul pavimento d'una camera in distanza di 5, o 6 piedi dalla finestra, ed in modo, che la luce vi cada ben sopra; indi tirandovi indietro 8 o 10 più lontano, verso il fondo della camera, guardatelo a traverso dell'angolo d'un prisma, la cui lunghezza sia parallela a quella del cartone di due colori, e l'uno e l'altra paralleli all'orizzonte ed alla larghezza della finestra. Veggasi la *Fig. 7.*

EFFETTI.

Se l'angolo rifrangente del prisma è volto all'insù, come E, l'immagine del cartone appare elevata verso F, e la parte *a b c d*, ch'è turchina, essendolo anche più, sembra separarsi dall'altra.

SPIEGAZIONE.

L'occhio, che guarda per lo prisma, distingue il

il cartone CDGH per via di raggi di luce, che cadendo dalla finestra sopra detta superficie rossa e turchina, riflessi vengono verso di lui; ma siccome questa luce si rompe nell'angolo del prisma, prima di giungere a lui, egli vede l'oggetto nella direzione dei raggi rifratti, cioè più in sù del suo vero luogo. Se questo primo effetto della rifrazione fosse uguale per tutti li raggi sì turchini, che rossi, ciascun punto della superficie CDGH conserverebbe la sua prima posizione nell' immagine, che quindi sarebbe d'una figura del tutto conforme a quella del suo oggetto. Ma posciachè la parte *abcd* appare più elevata dell'altra, è segno che la rifrazione fu più forte per la luce turchina, che per la rossa; e quando si dubitasse che questa non fosse la vera cagione d'un tal effetto, facile sarebbe il convincersene cuoprendo la parte ABCD. successivamente con pezzi di panno verde, giallo, rosso; perchè vedrassi, se se ne fa la prova, la parte corrispondente *abcd* dell' immagine accostarsi al livello dell' altra, a misura che il colore indicherà una luce di una rifrangibilità molto diversa, o più analoga.

Vedesi dunque per tutte queste prove, che i raggi di luce, che da colori proprj vengono distinti, differiscono altresì costantemente pei loro gradi di rifrangibilità, e che questa differenza è fra loro non già un accidente, ma una proprietà affissa alla loro natura, e che nulla può far cangiare. L'immagine oblunga della prima Esperienza conserva sempre i suoi colori nel medesimo ordine, sebbene i raggi, ond' è formata, rifrangansi nuovamente, per uno, o più prismi passando.

Lo stesso ancor si vede, se si usano degli specchj di tutte le forme immaginabili per rifletterli. La figura dell' immagine, e la grandezza posso-

no

no secondo la natura delle superficie riflettenti variare; lo specchio convesso la indebolisce ampliandola, perchè generalmente rarefà la luce; il concavo sempre più la restringe fino ad un certo segno, dopo di che la rovescia, e l' ingrandisce diminuendone lo splendore; il cilindrico le dà l' apparenza d'un bellissimo arco baleno; ma in tutti questi cangiamenti i colori si conservano però i medesimi, e conservano pure sempre le loro respettive posizioni: locchè assicura ai raggi di luce dei gradi inalterabili di rifrangibilità.

Neutono, provando colla riflessione questi differenti gradi di rifrangibilità da lui discoperti nella luce, trovò in oltre che i raggi più rifrangibili erano nel tempo stesso più riflessibili, vale a dire, che ad incidenze uguali, li turchini, per esempio, che si rifrangono più dei rossi, riflettonsi altresì piuttosto che questi: ed ecco in qual maniera si assicurò di questa novella scoperta.

VI. ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Si pigli un prisma rettangolare, come I K L, *Fig.* 8.: si collochi sul suo sostegno talmente, che un raggio Solare grosso poco meno, che il dito mignolo, introdotto, come di sopra si è detto, in una camera ben chiusa, cada perpendicolarmente, o quasi, sopra uno dei lati I K, e si rifranga in M, per formare un' immagine colorita sopra un cartone bianco N N verticalmente elevato 5 o 6 piedi più discosto. Fate poscia girare adagio il suo prisma sopra il suo asse nell'ordine delle lettere I K L, e preparate un altro prisma, le due maggiori faccie del quale formino fra loro un angolo di 55 gradi in circa, come T V X.

EFFETTI.

Quando nel far girare il prisma I K L si fa fare

al

al raggio Solare incidente colla base I M del prisma un angolo che arriva a 50 gradi, una parte dei raggi, che rifratti si erano verso il cartone NN, riflettonsi in retta linea dal punto M verso O.

Allora, se si costringe questa luce riflessa a passare pel secondo prisma T V X, essa vi si rifrange, e si mostra co' suoi differenti colori sopra un altro cartone bianco P P, con queste due circostanze, che bisogna ben avvertire: 1. I raggi pagonazzi, ed i turchini giungono i primi, e vanno a situarsi verso *q*: i verdi, ed i gialli al di sotto, come in *r*: e finalmente i rossi, che si mettono anche più basso in *s*. 2. I raggi, che passano per riflessione verso il secondo prisma sembrano mancare nel tempo stesso all' immagine colorita del cartone N N; cosicchè ciò, che da principio dispare in Q, comincia tosto a farsi vedere in *q*, e ciò che poscia si perde in R ed in S, ritrovasi poi tosto in *r* ed in *s*.

SPIEGAZIONE.

Quando il raggio Solare incidente forma un angolo grande alquanto più di 50 gradi colla base I M del prisma, egli cade ad angoli quasi retti sopra il lato I K: il che rende nulla, o insensibile la sua rifrazione. Ma nell' uscire molto obliquamente dalla base I L egli si rifrange a proporzione, e per questa ragione appunto egli si dilata, come nella prima Esperienza, facendo sopra il cartone N N una immagine di varj colori, de' quali i turchini ed i pagonazzi occupano la parte più elevata Q; i gialli ed i rossi la parte più bassa S; ed i verdi la parte di mezzo R.

Tostochè girando il prisma attorno al suo asse si fa fare al raggio incidente un angolo minore alquanto di 50 gradi, colla parte M I della base del prisma, la luce non passa più in totalità dal

vetro nell' aria ; ma una parte ſe ne riflette in retta linea dal punto M verſo O : dico in retta linea, perchè attraverſando il lato K L ad angoli retti, o quaſi retti, eſſa non ſi rifrange ſenſibilmente, benchè paſſi dal vetro nell' aria.

Ora ſe tutta la luce del raggio incidente foſſe ugualmente rifleſſibile, perchè non ſi rileverebb' ella interamente dal primo colpo? Perchè le parti dell' immagine apparenti ſopra il cartone NN non diſparirebbono eſſe ſucceſſivamente, ed a miſura che il raggio incidente ſi dà una maggiore obliquità?

Egli è dunque certo, che vi ſono nella luce delle parti più rifleſſibili le une dalle altre; poichè ad eguali incidenze, tutte quelle del raggio Solare, nella noſtra Eſperienza adoperato, inſieme non ſi riflettono.

E poſciacchè i raggi pagonazzi e turchini, che ſono riconoſciuti eſſere i più rifrangibili, ſono ancora i primi a rifletterſi; ed i gialli ed i roſſi, che ſi rifrangono il meno, ſempre dopo gli altri ſi riflettono; ſi può generalmente dire con Neutono, che la luce è compoſta di parti eterogenee, le cui differenze ſi manifeſtano dai gradi coſtanti di rifrangibilità, e di rifleſſibilità, e che di queſte parti quelle ſono più rifleſſibili di lor natura, che più ſono rifrangibili.

Ora a queſte differenze, che ſtabiliſcono l' eterogeneità della luce, e che ho ora provate per via di fatti a mio parer concludenti, vi è ancora quella dei colori, che non è meno coſtante, e che forma l'oggetto pincipale di queſto Articolo. Seguitiamo ſempre il dottiſſimo Autore, che ce le fece conoſcere, e riferiamo quì alcune delle ſue prove: ma prima conveniam ſeco di alcuni termini neceſſarj per farci meglio intendere.

Noi appelleremo *luce eterogenea*, o ſia *compoſta* quel-

quella, che immediatamente viene da un aſtro, e non fa ſentire color veruno.

Chiameremo *luce omogenea*, ovvero *ſemplice* quella, che ſi è ſviluppata, colla rifrazione, o con altro modo, e che appare ſotto uno de' ſette colori ſeguenti, roſſo, arancio, giallo, verde, turchino, indico, pagonazzo.

Siccome l' immagine colorita, formata dai raggi rifratti nella prima Eſperienza, riſulta da un ſeguito di circoli di varj colori poſti in parte gli uni ſopra degli altri; così penſar ſi deve; che i raggi di un certo ordine ſieno meſcolati con quelli delle altre ſpezie, che precedono, e che ſeguono, e che non vi ha al più, ſe non le due eſtremità di detta immagine, che poſſano fornire una luce omogenea o ſemplice. Se dunque ſi vuol provare alcuna di queſte ſpezie ſeparatamente dalle altre, per vedere ſe il colore ne ſia ſcomponibile, conviene ſcegliere l' eſtremo roſſo, o l' eſtremo pagonazzo, ovvero trovar qualche mezzo da potere prometterſi d'avere gli altri colori ſeparati: il primo partito è più facile a prenderſi, e conviene meglio d'ogni altro, quando uno ſi voglia contentare di far vedere l' immutabilità del colore in una, o due ſpezie; ma ſe s' intraprende a far lo ſteſſo per tutti, converrà appigliarviſi nella ſeguente maniera.

VII. ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

S' introduca in una camera ben oſcura un raggio Solare groſſo quanto una penna da ſcrivere: 10, o 12 piedi lontano dalla fineſtra, per cui paſſa detto raggio, ſi riceva ſopra una lente di vetro A B, *Fig.* 9., che abbia il ſuo foco a 3, o 4. piedi di diſtanza: immediatamente dopo queſta lente preſentiſi un priſma C D, a traver-

ſo di cui il cono di luce formato dalla lente ſia coſtretto a paſſare; e ricevìſi la luce rifratta ſopra un bianco cartone, che ſi terrà ad una diſtanza quaſi eguale a quella del foco della lente.

EFFETTI.

Il cono di luce rifratto dal priſma produce ſul cartone una immagine oblunga, e molto ſtretta, i colori della quale ſono più diſtinti, che non ſogliono eſſere, qualora ſi fa la medeſima Eſperienza ſenza far paſſare i raggi incidenti per una lente.

SPIEGAZIONI.

Se il getto di luce, che viene per la fineſtra, non incontraſſe nè lente, nè priſma, egli anderebbe in retta linea a formare il cerchio luminoſo *a b c d*. Nel paſſar per la lente queſta luce convergente diventa, e ſi raccoglie in un piccolo ſpazio al centro di detto cerchio: quando poi ſi fa paſſare queſto cono totale di luce per un priſma, egli ſi rifrange, e ſi divide in tanti coni particolari, quante ſono le ſpezie di raggi, e di accordi in ciaſcuna ſpezie. Ora eſſendo queſte ſpezie in numero di ſette, con una infinità di accordi intermediarj, ſi deve giudicare, che l' interpoſizione del priſma dopo la lente produce un numero infinito di coni, ſulla punta de' quali ciaſcuna ſpezie di luce concentrata ſi trova in un picciolìſſimo ſpazio circolare; e rimanendo i centri di queſti circoli ugualmente diſtanti gli uni dagli altri nella immagine riſtretta *e f*, *Fig.* 10. che nella immagine più larga E F, prodotta ſenza lente, e colla ſola interpoſizione del priſma, egli è evidente, che la luce di ciaſcuna ſpezie dev' eſſere non ſolamente più forte, eſſendo concentrata dalla lente, ma più pura ancora, e più ſciolta delle altre; poſciachè i piccioli cerchj eſprimenti le

ſpe-

ſpezie fra *ef*, non anticipano gli uni ſugli altri, come quei che tra EF compreſi ſono.

Nel valerſi di queſto mezzo per aver i colori più ſeparati gli uni dagli altri, ſe ſi ritrovaſſe l'immagine *ef* troppo ſtretta, ſi può rendere più larga facendo paſſare il raggio Solare, ch' entra nella camera, non già per un buco rotondo, ma per un' apertura ſtretta e lunga, avvertendo che la lunghezza ſia parallela a quella del priſma. Allora l'immagine *ef* piglierà la forma d'un quadrato lungo, come *g h i k*, *Fig.* 11. i colori ſaranno diſpoſti in faſcie, non men vivi, e non men puri di prima, e ſi potrà ſicuramente e comodamente far delle prove ſopra tutti i colori, eccetto forſe l' indico, e 'l pagonazzo, che ſono luci per ſe ſteſſe deboliſſime, e che facilmente ſi alterano dal meſcolamento quaſi inevitabile di quella, che irregolarmente ſi ſpande per la camera.

Queſt' effetto, di cui io dò per ſicurtà la parola di Neutono (*a*), e l' eſperienza fattane da me ſteſſo (*b*), tanto dipende da alcune condizioni, ch' è

(*a*) Trattato d'Optica ſopra la luce, ed i colori. Lib. I. Part. I. Eſp. 2.

(*b*) Sono vent'anni e più ch'io replico queſt'Eſperienza, e che vedo ſempre quanto ho di ſopra riferito, conforme a ciò, che diſſe Neutono. Pure un illuſtre Autore, e da me molto ſtimato, mi ha allegato, non è gran tempo, come ſe io gli aveſſi detto, ch' eſſa non mi riuſciva. Io non mi ſovvengo punto nè di ciò, ch' egli mi chieſe riguardo a queſto, nè di ciò, ch' io gli riſpoſi: ma vedendo io dal ſuo libro, ch' egli ha in queſta Eſperienza ricercato un riſultato diverſo da quello, che Neutono ci annunzia, penſo che io gli avrò forſe riſpoſto negativamente, quando mi avrà domandato, ſenz' altra ſpie-

ch' è neceſſario di quì parlarne. L'apertura, per cui paſſa il raggio Solare, non deve aver più d' una linea di larghezza: la lente dev' eſſere più lontana circa a 12 piedi: il ſuo foco dev' eſſere alquanto più lungo, come di 9 in 10 piedi; e l'angolo rifrangente del priſma deve per lo meno avere 60 gradi. Oſſervato tutto queſto, ſi trova, che l' immagine *cf* è un po' più di 70 volte più lunga che larga; e ſi può con ragione conchiudere, che ciaſcuna ſpezie di luce vi è nella medeſima proporzione più ſemplice, che quella che viene immediatamente dal Sole.

Per riuſcirvi ancora con maggior ſicurezza conviene, che la camera ſia ben oſcura, che il priſma e la lente ſieno ben lavorati, di vetro omogeneo, e nettiſſimo, e coprir ſi deve con carta nera incolata ogni parte di quegli iſtrumenti, che ſono inutili all' eſperienza, affinchè qualche porzione del getto di luce rifratta, o rifleſſa irregolarmente non alteri, o non impediſca gli effetti che ſe ne attendono.

Per ſaper ora ſino a qual punto i colori ſieno fiſſi ed inalterabili nella luce, ſi poſſono ſottoporre alle prove ſeguenti.

VIII. ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Fate paſſare, come nella IV. Eſperienza, un rag-

ſpiegazione, ſe mi era mai riuſcito di produrre l'effetto, ch' egli aveva in mira. Sono coſtretto a porre quì queſta nota, perchè un Autore Olandeſe che alcuni anni ſono pubblicò *degli Elementi di Filoſofia*, ſondato ſu queſto probabilmente mi ripone fra quelli, che dicono avere inutilmente tentata l' Eſperienza, di cui ſi tratta, e mi mette col R. P. Caſtel, e col Sig. Gautier a parte dell' onore, di avere ſmentito Neutono; onore però, a cui non pretendo.

raggio di luce omogenea qualſivoglia, per un buco di 2. 3. linee di diametro, praticato nel mezzo di una tavola ſottile: prendete un priſma, che abbia un angolo di 30. o 40. gradi, una lente vitrea di 7. in 8. pollici di foco, dei pezzi di vetro molto ſpeſſi, di varj colori, degli ſpecchj d'ogni ſpezie, ed una tavola coperta di pezzi di panno roſſo, turchino, nero, giallo, ec.

EFFETTI.

1. Se ſi fa paſſare il raggio di luce omogenea per l'angolo del priſma, egli ſi rifrange, ſegna ſul cartone bianco, che gli ſi oppone, una macchia rotonda dello ſteſſo colore, che ha prima di paſſare per lo priſma.

2. Quando queſto ſteſſo raggio ha attraverſata la lente vitrea, forma due coni oppoſti per le loro punte al foco di detto vetro conveſſo, ed in qualunque ſito ſi tagli queſta luce, o con un cartone, o con un foglio di carta bianca, ſempre conſerva quel colore medeſimo, ch'eſſa aveva prima di paſſare per la lente; ed è ſolamente più forte in que'luoghi, dove rimane più riſtretta.

3. Qualora ſi oppone un vetro roſſo al raggio turchino, o un vetro turchino al raggio roſſo, o non paſſa luce veruna, o quel poco, che ne paſſa, conſerva il ſuo colore, ſenz'alterazione; la maggior parte ſi riflette avanti.

4. Gli ſpecchj di varie forme, su i quali riceyonſi dei raggi omogenei, non fanno al più al più, che eſtendere, o reſtrignere la loro luce; ſenz'altrimenti cangiarne il colore.

5. Queſti ſteſſi raggi tingono de' proprj loro colori i pezzi di panno, che ſono tutti diverſamente coloriti, ſenza nemmeno eccettuarne i neri.

SPIEGAZIONE.

1. Nella prima prova il raggio paſſato per lo priſ-

prisma non fa sul cartone bianco una immagine oblunga, e di diversi colori, come nella prima Esperienza; perchè tutte le sue parti essendo egualmente rifrangibili, conservano all' uscire dal prisma il parallelismo, che avevano fra esse prima d' entrarvi, e siccome le parti della luce, che hanno lo stesso grado di rifrangibilità, sono altresì dello stesso colore, quindi è, che l' immagine del raggio rifratto in questa Esperienza, non può avere, se non una sola tinta.

Non si può negare però, che, se non si fa questa prova con grande circospezione, l' immagine, di cui parliamo, sia prolungata alquanto, e si osservi alle sue estremità qualche picciola frangia di colori diversi da quelli del raggio. Questo ha fatto, che il Sig. Mariotte, e molti altri dopo di lui falsamente si sono sottoscritti contro l' Esperienza di Neutono. Ma un Fisico di buona fede porrà fuor d' ogni dubbio questo fatto, se procurerà di verificarlo in una camera perfettamente oscura con un prisma, il cui vetro sia esente da ogni bollo, ed i cui lati sieno perfettamente retti e puliti, avvertendo sopra tutto a procurarsi un raggio d' una luce omogenea, e senza miscuglio.

Se si negligenta la prima di queste tre cautele, la luce, ch' è sparsa nel luogo, in cui si fa l' esperienza, passa in parte pel buco della tavola insieme col raggio omogeneo; ed entrando pur seco nel prisma, ella vi si scompone, ed aggiunge all' immagine dei colori, che senza di ciò non si vedrebbono.

Se diffettoso è il prisma, esso produrrà delle rifrazioni irregolari, e non distinguerà quanto si richiede le diverse spezie di luce; dimodochè il raggio, che si farà passare per la tavola, non sarà omogeneo, qual esser deve.

Fi-

Finalmente, da qualunque cagione provenga quest'ultimo difetto, o sia che si prenda il raggio troppo grosso, o sia che male si scelga, il secondo prisma non tralascerà di scomporlo, se non è ben semplice, e la sua scomposizione verrà indicata da una differenza di colore, che comparirà sull'orlo dell'immagine.

Ma per quanto inetto egli fosse colui, che si porrà a fare quest'esperienza, se alcun poco di precauzione vi prenderà, facilmente riconoscerà, che l'immagine d'un raggio semplice da un prisma rifratto non rassomiglia a quella, che lo stesso prisma produrrebbe con un raggio di luce composta; e se pure si distingue nella prima alcun picciolo mescolamento di colori questa è sì poca cosa in paragone di ciò, che nell'altra si vede, che una mente non prevenuta vorrà piuttosto attribuire questo picciol difetto all'imperfezione degli strumenti, o della manipolazione, che formarne una difficoltà reale contro la Teoria di Neutono, per altro così bene stabilita.

2. Egli interviene alla luce semplice, che passa a traverso d'una lente vitrea, quello che ad un getto di luce composta interverrebbe: ella di più in più si condensa, finchè in un foco si riunisce: dopo di che divergente diventa, e si rarefà a misura che più lungi si avanza; e questo per le ragioni già esposte trattando della Dioptrica. Ma questi gradi di condensamento e rarefazione che la fanno comparire ora più ed ora meno forte, non ne variano però il colore; anzi dov'è più ristretta, al foco della lente, conserva essa lo stesso accordo di colori con più vivezza, perchè tutte le parti di questa luce essendo essenzialmente simili, non possono divenire differenti fra loro, per questo solo, che più o me-

meno ſieno eſſe avvicinate le une alle altre.

3. Se i colori nella luce non foſſero, che ſemplici modificazioni d'un fluido omogeneo, qual mezzo ſarebbe a produrli più acconcio dei corpi traſparenti, che noi chiamiamo coloriti? E pure ſi vede dal terzo riſultato, che un raggio roſſo, cui ſi opponga un vetro turchino, o un raggio turchino, cui ſi opponga un vetro roſſo, interamente ſi riflette, o ſe in parte vi paſſa, conſerva ſenz'alterazione il ſuo primiero colore (*a*). La ragione ſi è, che queſte ſorti di corpi diafani non ſono mezzi capaci di colorir la luce, ma ſpezie di crivelli analoghi per la loro poroſità a queſto, o a quell' altro ordine di raggi. La luce roſſa, per eſempio, ſi cribra facilmente pel vetro, che niega il paſſo ai raggi turchini; e queſti paſſano liberamente per un altro vetro, che riflette quaſi interamente i raggi roſſi.

4. Dal ſecondo riſultato ſi vede, che la luce ſemplice non cangia di colore, perchè più, o meno riſtretta ſia per rifrazione: ſottopoſta alla ſteſſa prova per la rifleſſion degli ſpecchj eſſa di più non cangia, e ſempre per la medeſima ragione: il ſuo calore va anneſſo alla ſua natura, e non alla ſua denſità accidentale maggiore, o minore.

5. Finalmente quando un raggio roſſo, giallo, o turchino cade ſopra una ſuperficie qualunque, o vi ſi eſtingue, o viene rifleſſo, e rende viſibile quel luogo, ſopra di cui è caduto. Nell' ultimo caſo l'oggetto ſi diſtingue ſotto il colore proprio della luce che lo illumina, perchè queſto colore apparṫie-

(*a*) Per fare con ſucceſſo queſt'Eſperienza ſi richiedono dei vetri molto ſpeſſi, e d'un colore aſſai carico; e quando ſi riceve il raggio turchino ſul vetro roſſo, ſi deve altresì avvertire, che detto raggio ſia ben puro, e la camera ben oſcura.

tiene alla luce, perchè è inalterabile, ed alla prova non meno delle superficie che la riflettono, che dei corpi diafani, che la trasmettono.

Ognun sa, che quando si mescola insieme il rosso ed il giallo chiaro, si produce un colore assai somigliante a quello dell' arancio, o del fiore detto in Francese *Soucy*: è noto ancora, che il mescolamento del turchino col giallo produce il verde, ed il porporino col turchino può fare un accordo somigliante all' indico. Questo può far credere, che fa i colori primatici l' arancio, il verde, ed il primo pagonazzo sieno colori composti, e che non vi sieno propriamente che i quattro altri, i quali sieno primitivi, o semplici. Questo senza dubbio cadde in mente non meno a Neutono che agli altri dopo di lui: ma in vece di fermarvisi su, come fecero alcuni Autori, senza pigliarsi la briga d' internarsi nella quistione, o appoggiati ad alcuni fatti male osservati, egli esaminò attentamente quel che ne fosse, e si accertò per le seguenti Esperienze, che i tre colori, de' quali dubitava, erano semplici e primitivi, come gli altri.

IX. ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Verso il fondo d' una camera ben oscura si eleva sopra d' un piede, che a piacimento si alza e si abbassa, una sottil tavola A B, *Fig.* 12., più lunga che larga, ed avente in una linea verticale verso il mezzo della sua larghezza due buchi rotondi C, D, ciascuno de' quali ha quattro linee di diametro, ed è lontano dall' altro 7. o 8. pollici. Dietro questa tavola alla distanza di alcuni piedi sta un cartone bianco nello stesso modo elevato, che può secondo il bisogno avvicinarsi, e scostarsi.

Procedendo, come nella VII. Esperienza, si fa pas-

paſſare pel buco D, un raggio roſſo ben puro; che fa in F ſul cartone una immagine rotonda dello ſteſſo colore. Indi per mezzo d'un ſecondo raggio Solare rifratto come il primo, ma in ſenſo contrario, ſi fa paſſare per l'altro buco C della tavola un raggio giallo di citrone talmente, che la ſua immagine ſi collochi preciſamente ſopra la prima, ch'è roſſa.

Facendo girare adagio i due priſmi G, *g*, ſopra i loro aſſi, e cangiando alquanto le diſtanze riſpettive dalla tavola al priſma, e dal cartone alla tavola, ſi fanno medeſimamente coincidere ſucceſſivamente il giallo dell'uno de' raggi Solari col turchino dell' altro, e parimenti il turchino, e l'ultimo pagonazzo.

Dopo di avere così formate delle immagini di due colori compoſte, ſe ne fanno naſcere delle altre ſomiglianti con luci ſemplici, turando l'uno dei due buchi C, o D, facendo ſucceſſivamente paſſare ſopra il cartone delle porzioni di luce aranciata, verde, ed indico, dell'uno dei due priſmi.

Dopo di queſto ſi paragonano le ultime colle prime immagini, guardando e le une e le altre a traverſo di un priſma H.

EFFETTI.

Ciaſcuna delle immagini prodotte dalla luce venendo da un ſolo priſma G, o *g*, o venga eſſa veduta a traverſo del priſma H, o colla ſemplice viſta, ſempre rotonda appare, e d'un colore in tutta la ſua eſtenſione uniforme.

Le immagini compoſte, che compajono altresì alla ſemplice viſta, quando ſi guardano col priſma, diventano alquanto ovate, e vedeſi l'uno dei due colori inondar l'altro.

SPIEGAZIONI.

Vedemmo per le precedenti Eſperienze, che una luce

luce ſemplice, toſtochè ſeparata è dalle altre ſpezie, più non ſi ſcompone, benchè più volte ancor ſi rifranga; e queſta ſi è la ragione per cui la picciola immagine rotonda, che viene da un ſolo priſma, conſerva coſtantemente il ſuo colore uniforme, e la ſua figura, benchè venga guardata a traverſo del priſma H. Perchè tutti i raggi di luce, che all' occhio la rapportano, eſſendo di eguale rifrangibilità, romponſi eſſi nel vetro ſenza cangiare fra loro di poſizione; e ſiccome ſono altresì tutti dello ſteſſo colore, così l' immagine, che dipingono nel fondo dell' occhio, dev' eſſere dello ſteſſo accordo di colori in tutta l' eſtenſion ſua.

Per contrarie ragioni l' immagine formata di due colori inſieme meſcolati deve diventare ovata, e l' uno dei due colori deve l' altro inondare, come ſi vede in fatti ſuccedere.

Con ragione adunque ſi riguardano come colori ſemplici e primitivi l' aranciato, il verde, e l' indico, che nell' immagine colorita dal priſma prodotta ſi oſſervano; poichè queſti tre colori non ſi ſcompongono, e queſte ſpezie di luci hanno dei gradi di rifrangibilità, che le diſtinguono coſtantemente dalle altre.

Ma, dirà taluno, ſe i colori veramente riſiedono nella luce del Sole, perchè non vi ſi vedono eſſi naturalmente, e ſenza l' ajuto dei priſmi.

A queſta interrogazione io riſpondo 1. Che vi ſi vedono in certi caſi; ognun sa, per eſempio, che quando per un iſtante ſi ſono fiſſati gli occhi nel Sole, ſe poſcia ſi chiudono, o ſi entra in qualche luogo oſcuro, vi rimangono delle impreſſioni di roſſo, di giallo, di verde, di turchino, ec. che altra cagione aver non poſſono, fuorchè i raggi Solari, che toccarono l' organo. Qualo-

lora la luce del Sole introdotta per un picciolissimo buco in un luogo molto oscuro, o riflessa da un corpo pulito, forma un punto luminosissimo, vi si osservano delle picciole fila di tutti i colori; che formano una spezie di fiocco: le stesse cose osservansi pur anche in molti altri casi per poco, che attendere vi si voglia.

2. Egli è vero, che d' ordinario la luce del giorno, e quella ancora, che viene immediatamente dal Sole in forma di raggi, a noi si presenta senza colore; vale a dire, che l' impressione, ch' ella fa, non rassomiglia a veruna di quelle, che si provano quando è guardata dopo averla fatta passare per l' angolo d' un prisma: essa non desta in noi nè l' idea del rosso, nè quella del giallo, nè quella del turchino, ec. A questo proposito Neutono ne insegna, che la luce in tale stato è un composto delle sue differenti specie mescolate in una giusta proporzione, e che lo splendore, con cui colpisce i nostri occhi, risulta dall' esatto mescolamento di tutti li colori: l' impressione ch' essi fanno tutti insieme, non eccita in noi alcuna delle idee, ch' essi fanno nascere separatamente; come nei colori artificiali il verde non ci riduce a mente nè il giallo, nè il turchino, ond' è composto; come nell' uso degli altri sensi la maggior parte delle sensazioni miste lasciano ignorare le cagioni particolari, che vi contribuiscono. Ma non basta lo esporre questa dottrina; conviene altresì provarla.

X. ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Questa Esperienza si prepara come la prima: convien avere di più una lente vitrea, che abbia 3. o 4. pollici di diametro, 7. in 8. pollici di foco, e che sia montata con un manico per-

per più comodamente maneggiarla. Fig. 13.

Alla diſtanza di 3. o 4. piedi dal priſma ricevete i raggi rifratti perpendicolarmente ſopra il mezzo della lente I K, e pigliate un cartone bianco, che loro opporrete a diverſe diſtanze dalla mentovata lente, quando ne ſaranno uſciti.

EFFETTI.

1. I raggi paſſando per la lente I K pigliano la forma di due coni oppoſti per le loro punte. Se ſi preſenta il cartone bianco dalla lente inſino al foco L, l'immagine dalla luce formata ſi va ſempre diminuendo di grandezza, e rimane diritta. Se ſi paſſa il foco ſeguendo a diſcoſtare il cartone, l'immagine diviene grande di più in più; eſſa appare roveſciata: nell'uno e nell'altro caſo ha tutti li ſuoi colori.

2. Quando ſi ferma il cartone giuſtamente in L, e ſi tiene la ſua ſuperficie perfettamente a perpendicolo dell'aſſe del cono di luce, non vi ſi vede ſopra, ſe non un picciolo cerchio lucente e ſenza colore, come comparirebbe al foco della medeſima luce, immediatamente eſpoſta ai raggi del Sole.

3. Queſto picciolo cerchio perde una gran parte del ſuo ſplendore, e riceve dei colori, qualora s'intercepiſce col bordo d'una carta da giuoco il quarto, o la metà de' raggi rifratti, ſia avanti, ſia dopo la lente.

SPIEGAZIONE.

La forma, che pigliano i raggi paſſando per la lente, le deſcreſcenze dell'immagine dal detto vetre inſino al ſuo foco L, i ſuo accreſcimenti dopo di eſſo, ſono gli ordinarj effetti d'un corpo rifrangente, la cui figura ſia lenticolare, già da me altrove ſpiegati. Abbiamo altresì già veduto, che i raggi di diverſe ſpezie, eſſendo una

vol-

volta ſeparati conſervano e ſeguono a far vedere i lor colori, benchè più o meno vengano avvicinati gli uni agli altri. Così la convergenza che acquiſtano attraverſando la ſpeſſezza della lente, la convergenza che loro viene dallo incrocicchiarſi al foco, non devono ſcolorare l'immagine, ma ſolamente farne variare la grandezza, e mutarne la ſituazione, facendo comparire in alto i colori, ch' erano in baſſo.

Quello, che deve quì principalmente fiſſare l' attenzion noſtra, ſi è, che detta immagine riſtretta in un picciolisſimo ſpazio circolare vi compare ſenza verun colore, e ripiglia di nuovo tutti quelli, che aveva, quando i raggi, che la compongono, cominciano a ſvilupparſi, ed a ſcoſtarſi l'un dall'altro dopo di eſſerſi incrocicchiati. I colori non ſono ſtati annientati, poichè ſi rivedono i medeſimi, e nell'ordine, che ſogliono aver tra di eſſi: l'eſſere dunque ſpariti al foco, effetto è d'una perfetta riunione, e d'una meſcolanza giuſtamente proporzionata. Queſt' ultima condizione è eſſenziale; poſciachè ſi vede pel terzo riſultato della noſtra Eſperienza, che la ſoppreſſione d'una parte dei raggi coloriti non laſcia di cagionare una tinta ſenſibiliſſima nel picciol cerchio luminoſo, che ſta in L.

Adunque per le precedenti Eſperienze, e per molte altre, ch'io debbo quì ſopprimere, ſi dimoſtra, che i colori ſono veramente proprietà della luce; ch'eſſi vi riſiedono in numero di ſette, cioè il roſſo, l'arancio, il giallo chiaro, il verde, il cileſtro, il pagonazzo indico, ed il pagonazzo porporino, con tutti gli accordi intermediarj; che dalle differenti combinazioni di quelle ſpezie dipendono tutti gli altri colori, che ſi oſſervano nella natura, e che il loro perfetto meſco-

ſcolamento, e bene proporzionato impediſce, che alcuno di eſſi diſtinto non venga.

Queſti principi ben atteſi e ſaviamente maneggiati poſſono ſervire a ſpiegare tutti gli effetti naturali, che hanno relazione con i colori. Nell' Optica di Neutono molte feliciſſime applicazioni ſe ne veggono, delle quali alcune io riferirò, che più intereſſanti mi pajono.

APPLICAZIONI.

Quel che ſorprende quando per la prima volta ſi mira a traverſo di un priſma un qualche oggetto illuminato, ſi è quella bella varietà di vivaci colori, onde appare circondato, e talvolta fregiato in diverſe parti della ſua ſuperficie. Queſto è quel, che fa ſtupire alla prima occhiata, e molti non vi comprendono, ſe non queſt' effetto: ma un attento Oſſervatore altre rifleſſioni da far vi ritrova.

Qualora l'oggetto è grande, e veduto dappreſſo, i colori appajono ſoltanto ſugli orli; quando è veduto da lungi, ed è picciolo, come per eſempio una carta da giuoco alla diſtanza di 12 o 13 piedi, egli è in tutta la ſua ſuperficie colorito, come l'immagine prodotta dal priſma nella prima Eſperienza.

Quando l'oggetto non appar colorito, che negli orli, i lati oppoſti lo ſono diverſamente: l' uno è roſſo e giallo, l'altro verde, celeſte e pagonazzo; e ſe l'aſſe del priſma è parallelo alla linea, che congiunge i due occhi, o ſe verticalmente ſi tiene guardando d'un occhio ſolo, non vi ſono che due orli coloriti; nel primo caſo ſono quelli di ſotto e di ſopra; nel ſecondo ſono i lati aſcendenti. Ciò viè meglio ſi diſtingue qualora ſtando in una camera ſi guardano a dì chiaro i vetri della fineſtra.

Finalmente s'egli è un oggetto luminoſo ſopra un fondo oſcuro, i colori che ſugli orli compariſcono ſono in un ordine oppoſto a quello, in cui ſi vedono quando l'oggetto è oſcuro ſopra un fondo chiaro. Supponete che nel primo caſo il roſſo ed il giallo ſieno di ſopra, il celeſte ed i pagonazzi di ſotto, nel ſecondo è tutto l'oppoſto, benchè l'angolo del priſma, per cui ſi guarda, reſti ſempre volto nel medeſimo ſenſo.

Si troverà la ragione di queſti effetti, ſe ſi porrà mente, che la luce rifleſſa dà ſopra gli oggetti, come quella che viene immediatamente dai corpi luminoſi, ſi rifrange, ſi ſcompone ugualmente paſſando per l'angolo d'un priſma: perchè ſe i raggi, che recano all'occhio dello Spettatore l'immagine d'un pezzo di carta bianca, o di qualunque altro corpo illuminato, ſi piegano nel vetro gli uni più degli altri, gli è forza, che detta immagine s'ingrandiſca in un ſenſo, e che moſtri diſtintamente tutti i colori di tali raggi ſviluppati.

Se l'oggetto può eſſer compreſo nell'angolo, che formano i raggi meno rifrangibili con quelli che ſono più rifrangibili, vale a dire i roſſi coi pagonazzi, allora tutti i colori reſtano contigui gli uni agli altri ſenza interrompimento; ma s'egli eccede detto angolo, i ſoli orli oppoſti compajono coloriti, l'uno di roſſo e di giallo, l'altro di verde, celeſte e pagonazzo; lo ſpazio che rimane framezzo ſi vede come colla ſemplice viſta, perciocchè vi ſi trovano dei raggi di ogni ſpezie, ed in una proporzione aſſai grande per non laſciar ſentire alcuna ſcompoſizione di luce, purchè nondimeno la ſuperficie dell'oggetto ſia uniformemente illuminata; perchè altrimenti le parti più chiare fanno come altrettanti oggetti particolari, di

cia-

ciascuno de' quali si può dire tutto quello, che noi diciamo d'un oggetto in generale.

Perchè ciò meglio si comprenda, si gettino gli occhi sopra la *Fig.* 14. Sia A B una delle dimensioni dell'oggetto, per esempio l'altezza: senza l'interposizione del prisma D, l'occhio situato IN C distinguerebbe l'oggetto per tutti i raggi diretti compresi tra A C e B C: Tostochè si farà passare questa piramide di luce composta per l'angolo del prisma, ciascuna specie di raggio si rifrangerà, come lo esige la sua natura, di sortechè se cinque se ne soppri messero, e non ne restassero per esempio, che i rossi ed i pagonazzi, si farebbono due punte E, F, di questi stessi colori, e l'occhio, che si metterebbe a portata di riceverli, vedrebbe l'oggetto grande come *b c*, d'un rosso puro da *b* fino in *d*, e d'un pagonazzo ugualmente omogeneo da *a* fino in *c*. Ma la differenza di rifrangibilità di queste due luci non essendo grande abbastanza per portare l'immagine *d e* totalmente al di sopra dell'altra *a b*, egli è evidente, che lo spazio *a d* comparirebbe sotto i due colori, rosso e pagonazzo, il che lo renderebbe porporino.

Ora più non si sopprimano le cinque altre spezie; ma non si facciano queste passare per l'angolo del prisma D: in vece di due punte E, F, sette ve ne saranno negli stessi limiti, e l'occhio riferirà le immagini, ch'esse gli faranno sentire, fra *b c*; ma fra più stretti limiti, cosicchè lo spazio *a d* parteciperà di tutti i colori: ora questa mescolanza ricompone la luce, e quando ella è in questo stato, spariscono i colori dal luogo da essa illuminato. Adunque le sole estremità *b d*, ed *a c* rimangono colorite, perchè quivi solamente restano le spezie bastevolmente sviluppate per conservare i loro colori.

Rimirando un quadro di vetro, o altro ſimile oggetto, ſe ſi tiene orizzontalmente il priſma, i colori ſi veggono ſoltanto negli orli di ſopra, e di ſotto, perchè in queſto ſolo ſenſo ſi fanno le rifrazioni; vale a dire, che i raggi ſi abbaſſano verſo l'occhio uſcendo dal priſma, ſe l'angolo rifrangente è volto all'insù, e s'è volto all'ingiù è tutto l'oppoſto. Per la medeſima ragione non ſi vedono colori, eccetto ſopra i due lati aſcendenti, quando la lunghezza del priſma è ſituata verticalmente. Nell'una poſizione e nell'altra gli orli coloriti rimangono ſenſibilmente retti; pure ſe l'oggetto foſſe molto grande, benchè la ſua lunghezza foſſe parallela a quella del priſma, comparirebbe incurvato a foggia d'arco, perciocchè i raggi, che verrebbero dalle ſue eſtremità, cadrebbono molto obliquamente all'aſſe del priſma, nè più farebbono veder queſte parti nel medeſimo livello con quelle di mezzo a motivo della rifrazione laterale, che ſoſterrebbono. Poſſiamo accertarci di queſto fatto guardando col priſma da luogo elevato un fiume, o un canale bene illuminato e ſcoperto; e vedremo toſto con noſtro piacere un arco in terra ſimile in tutto a quello, che in certe circoſtanze ammiriamo in Cielo.

L'oggetto oſcuro ſopra un fondo chiaro moſtra a'ſuoi orli dei colori, le cui ſituazioni tali non ſono, quali attender ſi deono dalla riſpettiva rifrazione de' raggi; i roſſi ed i gialli ſi mettono di ſopra, i celeſti ed i pagonazzi di ſotto, quando però dalla poſizione del priſma uno potrebbe prometterſi una contraria diſpoſizione. Supponiamo per eſempio, che GHIK ſia un gran cartone bianco appeſo incontro ad un muro, e che nel mezzo di eſſo vi ſia attaccato un pezzo di

di panno ſcuro, o altra coſa equivalente, ſe ſi guarda queſt' ultimo oggetto con un priſma, la cui lunghezza ſia parallela a GH, e l' angolo rifrangente volto all' insù, poſciachè i raggi roſſi e gialli ſono meno rifrangibili degli altri, queſti due colori dovrebbono diſtinguerſi ſull' orlo inferiore del panno, e l' orlo ſuperiore dovrebb' eſſer celeſte e pagonazzo. Ciò non oſtante ſuccede l' oppoſto: perchè quelle luci rifratte e colorite, che orlano l'oggetto, che ſi ha in viſta, non appartengono a lui, ma vengono dal fondo chiaro, a cui ſta attaccato. Si deve conſiderare l' oggetto oſcuro, come ſituato fra due oggetti bianchi, ed a lui contigui; queſti due oggetti ſono la parte ſuperiore GH, *gh* del cartone bianco, e la ſua parte inferiore *ik*, IK. Il roſſo ed il giallo, che ſi vede in *gh* col celeſte, e col pagonazzo, che orlano GH, coloriſcono il primo ſecondo le regole: il celeſte ed il pagonazzo in *ik*, col roſſo e col giallo in IK, fanno lo ſteſſo pel ſecondo. Niuno adunque di queſti colori attribuir ſi deve al pezzo di panno; ed in queſto modo ſpiegar ſi deono tutti que' roveſciamenti di colori che uno crede vedere, qualora ſi guardano col priſma le differenti parti d' un vaſto campo, i ſiti più o meno illuminati d' una vaſta ſuperficie, degli alberi, o l'orizzonte terminato da un Cielo ben chiaro.

Un raggio Solare, cadendo obliquamente ſulla ſuperficie dell'acqua, ond' è ripieno un bicchiere poſto ſull' orlo d' una tavola, fa vedere i colori priſmatici ad alcuni piedi di diſtanza al di là, il che non ſuccede d'ordinario, o non ſuccede in un modo molto ſenſibile, quando la luce, che attraversò il vaſo, non ſi eſtende un po' lungi dopo la ſua emerſione.

La massa d'acqua dal raggio Solare in tal caso attraversata, è un vero prisma, il di cui angolo rifrangente è verso l'orlo del vaso; deve adunque produrre degli effetti somiglianti a quelli d'un pezzo di solido vetro, che ne avesse la forma; ma perciocchè i differenti gradi di rifrangibilità dei raggi non gli scostano gli uni dagli altri, se non sotto angoli acutissimi, essi non possono, se non ad una distanza un po' grande dal corpo rifrangente, essere sviluppati abbastanza per comparire co' loro proprj colori; più vicino al vaso non vi sono più che gli orli della luce emergenti, i quali sieno alcun poco coloriti.

I diamanti, massime i brillanti, qualora immergonsi in un raggio Solare, producono infinite picciole immagini colorite, come quelle del prisma, e d'una mirabile vivacità: questo procede dal gran numero delle loro faccette, che formano fra di loro tanti piccioli prismi: la luce incidente si divide in varj piccioli getti, che si suddividono ancora sopra tutte le faccie diversamente inclinate del fondo, e che di là riflettendosi non mancano di scomporsi nell'uscire, se non sono stati scomposti nell'entrare. I colori sono più vivi col diamante, che col vetro, perchè son meglio separati, il primo dei detti corpi essendo più rifrangente dell'altro, e la sua trasparenza essendo eziandio più perfetta. La luce delle candele produce degli stessi effetti, benchè con minor fasto che quella del Sole, e però le notturne conversazioni sono tanto favorevoli a quegli acconciamenti, ne' quali si fanno entrare de' giojelli; perchè i getti di luce diretta, moltiplicati in un luogo, in cui il chiarore è sempre minore di quel del giorno, rendono gli effetti, di cui parliamo, e più sensibili, e più frequenti.

Dissi

Diſſi nel principio di queſto Articolo, che Neutono nel tempo, che ſi applicava a perfezionare i teleſcopj di vetro, ſoſtituendo alla conveſſità sferica un'altra curvatura più acconcia di quella a raccogliere tutti i raggi, che partono da ciaſcun punto dell'oggetto, fatto aveva una nuova ſcoperta, conſecutivamente alla quale era impoſſibile, qualunque ſorta di vetro ſi adoperaſſe, di giungere a queſta perfetta riunione. Queſta ſcoperta è, che i raggi componenti la luce ſono diſugualmente rifrangibili, ad incidenze uguali, e nello ſteſſo mezzo, come ho provato. Di fatti, non riunendo i vetri i raggi, ſe non col rifrangerli, i celeſti e pagonazzi più degli altri piegandoſi nel paſſare per una lente, ſi congiungeranno, e s'incrocicchieranno neceſſariamente più preſſo al vetro, che i roſſi, e gialli; e ſi deve concepire, che vi ſaranno ſempre tanti foci in ſeguito gli uni degli altri, quante le ſpezie ſaranno dei raggi differentemente rifrangibili. Così qualora per coſtruire uno ſtrumento di Dioptrica ſi ha biſogno di determinare il foco d'una lente, ciò non ſi può fare, ſalvo con una ſpezie di raggi per volta, e queſto punto di riunione non è certamente quello di tutta la luce, che paſſa pel vetro.

Neutono avendo cercata, e determinata col calcolo la diſtanza del primo di queſti foci all'ultimo (*a*), provò coll'eſperienza medeſima, che il difet-

Q 4 to,

(*a*) Il ſeno d'incidenza di ciaſcun raggio omogeneo, è in ragione data al ſuo ſeno di rifrazione. La rifrazione de' raggi, che ſono meno rifrangibili, è a quella dei più rifrangibili, quaſi come 27. a 28. Il più piccolo ſpazio circolare, in cui poſſano i vetri d'un teleſcopio raccogliere ogni ſorta di raggi paralle-

li,

to, che ne riſultava, era nella pratica ſenſibile. Avendo preſo un pezzo di cartone dipinto mezzo di roſſo, e mezzo di celeſte aſſai carico, come quello della noſtra V. Eſperienza, lo involſe più volte giuſta la ſua lunghezza d' un groſſo filo nero, che formava a guiſa di molte linee groſſe ſopra le due parti diverſamente colorite. Applicò queſto cartone contro di un muro talmente, che la ſua lunghezza foſſe orizzontale; lo illuminò fortemente la notte, con mettervi innanzi una groſſa candela acceſa. In diſtanza di ſei piedi elevò verticalmente una lente di vetro, larga quattro pollici, e capace di raccogliere i raggi rifleſſi dai differenti punti del cartone colorito, e di farli convergere verſo altri punti, alla diſtanza medeſima di ſei piedi dall' altra parte, e ritrarre così l' immagine di detto oggetto ſopra una carta bianca, ch' egli preſentava, avanzandola ora più, ed ora meno, ed oſſervando qual parte del cartone più diſtintamente ſi dipigneſſe. Così procedendo oſſervò, che per avere un' immagine diſtinta, e ben terminata dalla parte roſſa attraverſata da linee nere, conveniva portare la carta un pollice e mezzo più

lun-

li, è la 55. parte di tutta l' apertura di eſſo vetro.

Se i raggi di tutte le ſpezie venendo da un punto luminoſo qualſivoglia nell' aſſe d' una lente conveſſa, ſono riuniti per la rifrazione in punti, che troppo non ſieno dalla lente diſcoſti, il foco dei raggi più rifrangibili ſarà più vicino alla lente, che il foco de' raggi meno rifrangibili: e la diſtanza dell' uno all' altro è alla $27\frac{1}{2}$ parte della diſtanza tra il foco dei raggi di minore rifrangibilità e la lente, come la diſtanza tra il foco, ed il punto luminoſo, da cui procedono i raggi, è alla diſtanza fra detto punto luminoſo e la lente, con picciolissimo divario. Opt. di Neutono, p. 108. e ſeg.

lungi dalla lente, quando la parte celeste nel modo stesso si dipigneva; il che dimostra incontrastabilmente, che i raggi celesti hanno il loro foco più vicino, che i rossi, passando per una stessa lente, e che l'obbiettivo di un occhiale non può raccogliere in uno stesso luogo, se non una parte della luce, ch'egli riceve, quando l'oggetto non sia d'uno dei colori prismatici, rosso, giallo, verde, celeste, ec.

Come il più vivo e più luminoso di tutti i colori si è il giallo coll'aranciato mescolato, così al foco principalmente di questa spezie di luce conviene attendere, quando si tratta di formare delle immagini: dalla rifrazione di questi raggi (i di cui seni d'incidenza e di rifrazione nel vetro sono come 17. a 11.) si deve appunto misurare la potenza rifrattiva del vetro, e del cristallo per gli usi dell'Optica. Così facendo sopra i raggi più forti, si vedono assai distintamente gli oggetti, ma non tanto bene, quanto si vedrebbono, se tutte le spezie di luce nel medesimo punto si riunissero. Questo è ciò che fece a Neutono abbandonare il disegno da lui formato di perfezionare i telescopj, composti di vetri, e che lo fece risolvere a rivolgersi alla Catoptrica, ed a cercare nell'uso degli specchj ciò, che più non isperava di poter far colle lenti trasparenti. In fatti avendo egli per esperienza veduto, che ogni spezie di raggi fa il suo angolo di riflessione sempre uguale a quello della sua incidenza, credette con ragione, che le superficie riflettenti sarebbero più atte di ogni altro mezzo a raccorre la luce, ed a formare dei foci, quali appunto gli desiderava. Costrusse dunque quello strumento noto in oggi sotto il nome di *Telescopio Neutoniano*, ch'io farò più particolarmente conoscere, parlando degli strumenti di Optica.

Di

Di tutti i fenomeni, che hanno relazione ai colori della luce, il più bello, e più degno della nostra curiosità e della nostra ammirazione si è quel grand' arco, che si vede risplendere in Cielo, qualora voltando le spalle al Sole si mira una nuvola, che si discioglie in pioggia, e che viene illuminata dal detto astro, che si trova ad una certa altezza elevato sopra l' orizzonte (*a*). Un' altissima idea se n' ebbe in tutti i tempi; gli uomini scampati dal diluvio universale lo riceverono e riguardarono, come un segno di pace dalla parte di Dio: i Pagani ne fecero una Deità sotto il nome d' *Iride*: i Poeti in ogni maniera lo celebrarono (*b*): ed i Filosofi di ogni Secolo si sforzarono di conoscerne, e di spiegarne le cagioni fisiche.

Antonio *de Dominis* Arcivescovo di Spalato, il quale fiorì sul cadere del Secolo XVI. ragionò meglio di quanti l' avevano preceduti sopra l' arco celeste, attribuendone la forma, ed i colori ai raggi dal Sole rifratti, e riflessi dalle gocciole di pioggia verso l'occhio dello Spettatore. Il Cartesio (*c*) aggiungendo alle spiegazioni del suddetto sparse un maggior lume su di questa materia; ma a Neutono si riserbava il perfettamente illustrarla; applicando a questo fenomeno la sua scoperta della scomposizione della luce, e della rifrangi-

(*a*) Il Sole non produce l' arco celeste, se non quando è meno di 45. gradi elevato sopra l' orizzonte.

(*b*) In quasi tutte le Poesie galanti s' incontra il nome d' *Iri* per indicare una rara e toccante bellezza. Il P. Noceti della Compagnia di Gesù ha composto un elegante Poema Latino sull' arco celeste, che dal P. Boscowich della stessa Compagnia fu arricchito di dottissime Annotazioni.

(*c*) *De Meteoris*.

gibilità propria di ciascuna spezie di raggio. Io rimetto all' opera stessa di Neutono chiunque cercasse delle ragioni compiute ed esatte di tutte le circostanze, non volendo io quì esporre, se non quello, che ognuno può intendere. Che però seguirò la traccia dei due primi Fisici da me allegati, imitando, com' essi fecero, le principali apparenze dell' arco celeste col mezzo di un' esperienza, ch' è la seguente.

XI. ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Conviene avere una palla di vetro incavata, e sottile, ripiena d' acqua limpida, e quasi somigliante a quelle, che si appendono ai lustri di cristallo artificiale: si sospende questa palla con due fili attaccati a' suoi poli verso il fondo d' una camera, ma in tale distanza dalla finestra, ed a tale altezza che i raggi del Sole possano cadervi sopra. Affinchè più o meno si possa elevare si fanno passare i due fili sopra due girelle fitte nel solajo, e se ne fanno pendere le estremità alla portata della mano, come sta espresso nella *Fig.* 16. Finalmente convien situarsi fra la finestra, e la palla; a tale distanza, ed altezza, che i raggi che ritornano dalla palla all' occhio, possano fare con quelli, che vanno dal Sole alla palla, degli angoli ora minori di 40. gradi, ora alquanto più grandi di $50\frac{1}{2}$.

EFFETTI.

Se l' angolo SFO, *Fig.* 17. di cui ho ora parlato, è di 42. gradi e 2. minuti, l' occhio dello Spettatore situato in O vede un rosso vivissimo nella direzione O*r*.

Se l' occhio più si eleva, o la palla si abbassa piano piano per fare l' angolo, di cui si parla, sempre più picciolo insino a che non abbia più

di

di 41. gradi 17. minuti, come S F B, distinguonsi successivamente tutti gli altri colori prismatici, il giallo, il verde, il celeste, ec. nelle direzioni I *i*, C *b*, ec.

Finalmente se si fa quest' angolo stesso di 50. gradi 57. minuti, la palla stando più elevata, come nella *Fig.* 16. si vede il rosso nella direzione O *r*; e se proseguesi ad elevare a poco a poco la palla insinoachè l'angolo sia di 54. gradi 4. minuti, veggonsi tutti gli altri colori succedere in quest' ordine, il giallo, il verde, l'azzurro, ec.

SPIEGAZIONE.

Nel primo caso, *Fig.* 17. la saetta di luce Solare S *s* venendo a colpire la palla obliquamente, si rifrange verso la perpendicolare *p* C, e va ad urtare la superficie interna del vetro in *t*: una parte di questa luce, che non penetra nella spessezza del vetro, è respinta verso *f*, l'angolo della sua riflessione diventando eguale a quello della sua incidenza in *t*. Ma invece di andare per linea retta in *f*, ella si rifrange ancor una volta scostandosi da *p* C, perchè passa obliquamente dall' acqua nell' aria: e siccome questa saetta di luce, per sottile ch' ella sia, è un assembramento, o fastello di raggi differentemente rifrangibili, il rosso, che lo è meno di tutti, si porta al punto O, il giallo in I, l'azzurro, o celeste in B; ec. Così per distinguere successivamente tutti questi colori, è necessaria l'una di queste due cose, o che l'occhio si elevi di O in B, o che altrettanto si abbassi la palla; ed allora l'angolo formato dal raggio incidente S *s*, e dal raggio emergente *v* B, è di un grado e 47. minuti più picciolo, che S F O.

Se si conduce pur anche un getto di luce Solare S *s*, Fig. 16. alla parte inferiore della palla, che suppongo essere più elevata, che nel caso preceden-

dente, e si esamina il cammino, che deve tenere, in conseguenza delle leggi della rifrazione, e della riflessione da noi altrove stabilite, si vedrà che prima si rifrange per andare in *d*, donde riflettendosi verso *e*, e quindi verso *g*, è costretto di rifrangersi una seconda fiata all' uscir dalla palla per rientrare nell' aria. Allora, come nel primo caso, si scompone, e si divide, il rosso meno degli altri rifratto si porta in O, i gialli, gli azzuri ec. in I, in B ec. ed ecco perchè conviene abbassar l' occhio, o elevar la palla per vedere successivamente tutti questi colori. E se si confronta l' angolo S F B ad S F O si trova ch' egli è maggiore di 3. gr. 7. min.

Per trarre da questa Esperienza una plausibilissima spiegazione dell' Arco Celeste, basta paragonare le gocciole o stille d' acqua cadenti dalla nuvola alla palla, di cui abbiam detto; perciocchè le stille di pioggia sono di figura sferica, o quasi sferica e quì la grandezza non cade in considerazione. Poichè questa palla discendendo da D verso E, *Fig.* 17., e salendo da G verso H, *Fig.* 16, fa successivamente vedere i colori prismatici in quest' ordine, rosso, giallo, verde, azzurro, pagonazzo, egli è evidente che se i due spazj E D, G H, fossero per esempio riempiti di due ordini di pallottole d' acqua permanenti, vedrebbonsi altresì in un tratto due ordini di colori, cioè di D in E del rosso, del giallo; del verde, dell' azzurro, del pagonazzo, e così pure salendo di G in H, E, quando si concepissero dei somiglianti ordini nelle circonferenze dei due semicircoli, il centro de' quali è occupato dall' occhio dello Spettatore avrebbonsi due fascie semicircolari colorite diversamente, le cui larghezze sarebbero eguali ad E D, ed a G H, cioè proporzionate alla differenza, che passa fra i

rag-

raggi più rifrangibili, ed i meno, ed i cui colori sarebbero in situazioni opposte.

Tutto questo mirabilmente si accorda con quanto nell'Arco Celeste si osserva: d'ordinario egli è doppio: quel di sotto, che ha più vivi colori, è rosso nella sua parte superiore: il giallo, il verde, l'azzurro ec. lo seguono discendendo: nell'altro all'opposto il rosso si mostra nell'inferiore, e gli altri colori si stendono in salendo, *Fig.* 18. Questo è men brillante del primo, perchè avendo la sua luce patita una riflessione di più, si è anche di più indebolito.

Nelle Figure 16. e 17. si vede, che i colori si presentano all'occhio in un ordine affatto diverso da quello, di cui ho ora parlato; e che si osserva nei due Archi Celesti: ma convien avvertire, che noi vediamo questi colori nel Cielo, e che ve gli riferiamo per via di direzione che s'incrocicchiano nei punti di emergenza g f: quindi vediamo il rosso in r, il giallo in i, l'azzurro in b: quindi è che il rosso pare orlare esteriormente l'arco di sotto, ed interiormente quello di sopra.

Quanto alla larghezza degli archi, ella è maggiore sì nell'uno che nell'altro di quel che la diano i limiti, che racchiudono tutti li gradi di rifrangibilità dei raggi eterogenei. Conviene aver riguardo al diametro del Sole, ch'è d'un mezzo grado in circa; Neutono fissa la larghezza dell'Iride interiore a 2. gr. 15. min. quella dell'arco esteriore a 3. gr. 40. min. la loro distanza reciproca ad 8. gr. 25. min.

Simili alle da me riferite devono essere le ragioni, con le quali si cerca di spiegare i colori, che osservansi attorno ad un getto d'acqua, agitato dal vento, e scinlto in pioggia, qualora è dal Sole illuminato, ed è guardato colle spalle a quest'

astro

astro rivolte. Perchè non in tutte le posizioni si distingue quest'effetto, e se attentamente si disamina quella ch'è necessaria, si vedrà che gli angoli formati dai raggi, che vanno dal Sole al getto d'acqua, e da quelli che di là ritornano all'occhio dello Spettatore, sono soggetti alle stesse condizioni, che l'Arco Celeste richiede.

Si videro talvolta de' circoli di luce colorita, sopra un punto che si guardava da un luogo alquanto alto, qualche tempo dopo il levar del Sole. Questi ancora sono effetti della luce rifratta e riflessa dalle stille di rugiada, che per un certo tempo rimangono all'erba attaccate. Per conoscere particolarmente la marcia dei raggi in simil caso, basta por mente all'altezza dell'astro sull'orizzonte, alla posizione dell'occhio, alle potenze rifrattiva, e riflessiva d'una stilla d'acqua supposta nel sito, in cui appare il fenomeno, ed ai diversi gradi di rifrangibilità dei raggi componenti la luce Solare. Alle rifrazioni finalmente, che soffre la luce passando per le stille d'acqua, deonsi altresì attribuire que' cerchj coloriti, che talora si osservano attorno al Sole, o alla Luna, posciachè in certo modo s'imitano, quando si mette la fiamma d'una fiaccola, o d'una candela dietro un vapore d'acqua un po' spesso.

ARTICOLO SECONDO.

Dei Colori considerati negli oggetti, e nel senso della vista.

Non si può negare, che i corpi contribuiscano in certa guisa ai colori, onde ne pajono rivestiti: non basta che sia un oggetto illuminato, perchè noi lo veggiamo bianco, giallo, o verde, benchè la luce, ch'egli riceve, contenga tutto il necessario per farlo comparir tale a' nostri occhi, come si è provato nell'Articolo precedente;

te; ma di più bisogna ch' egli abbia qualche qualità o disposizione, che lo renda proprio a riflettere, o a trasmettere certe parti di detta luce, ad esclusione delle altre.

Dico a riflettere, o a trasmettere certe spezie di raggi, perchè i corpi da noi detti coloriti sono o opachi, o trasparenti, e la disposizione, di cui parlo, qual' altra può essere, se non ne' primi un contesto particolare delle loro superficie, un certo ordine delle loro parti superficiali; e negli ultimi una porosità analoga, o per la grandezza, o per la figura, a tale o tal' altra spezie di luce?

Questa idea affatto semplice può bastare nell' opinion di coloro, che attribuiscono alla luce un moto di traslazione, che realmente trasporta i globetti del corpo luminoso agli oggetti visibili, e da questi oggetti agli nostri occhi. Fondandosi sopra una propagazione di tale spezie, si può dire che le superficie riflettenti sono assembramenti di parti solide, che fanno in avanti zampillare la luce, che viene ad urtarle, e che i corpi trasparenti sono specie di setacci, che ne lasciano passare la maggior parte: e per render ragione de' colori si può soggiungere, che in conseguenza d' una certa proporzione, o analogia, nella superficie degli uni, e nella porosità degli altri, certi raggi più presto, o in maggior quantità che gli altri, vengono respinti, o trasmessi. La luce rossa per esempio si setaccierà a preferenza a traverso del rubino, e zampillerà di sopra il cinnabro; il topazio, e l' oro faranno lo stesso, rispetto ai raggi gialli; e così lo smeraldo, e l' erba de' prati, rispetto ai verdi, ec.

Ma se si segue il sentimento del Cartesio, e non si ammette nei raggi di luce, se non un solo moto di vibrazione comunicato d' uno in altro ai globetti, che gli compongono, senz' alcuno disordine

ne dalla loro parte; se si pensa in oltre, come noi pensiamo, che la luce, o piuttosto la sua azione non è riflessa dalle parti proprie delle superficie, ma da quelle della sua spezie, che ne riempiono i pori, e che si presentano all' imboccatura di questi, converrà aggiunger molto all' idea da me esposta finora, per ispiegare le apparenze dei colori. Imperocchè a che mi servirebb' egli di concepire i corpi trasparenti, come tanti setacci della luce, se questo fluido sottile non avesse un moto acconcio a fargli attraversare la spessezza di tali corpi?

Aggiungasi dunque questa ipotesi, che non solamente le superficie riflettenti hanno i loro pori pieni di luce, per riflettere quella che sopra vi cade; ma che questa luce nelle superficie colorite è di tale o tale spezie, e capace così a ricevere ed a rendere a somiglianti globetti il moto, che loro è proprio. Così la cocciniglia tinge il rosso, non già per se stessa; ma perchè le sue particelle divise, e fitte nei pori della lana sono quasi altrettante spugnette inzuppate di luce rubrifica, propria a reagire contro una simile luce; e sopra delle quali i raggi d'una diversa natura s'indeboliscono e si estinguono per difetto d'una convenevole reazione.

Concepiscansi in oltre i corpi trasparenti che hanno dei colori, non come semplici setacci, ma come reti, le cui maglie contengano qualche particolare spezie di luce, atte a ricevere ed a trasmettere al di là il moto, che le è comunicato da raggi d'una stessa natura: i pori livellati d' una massa di vino contengono dunque delle file di globetti rubrifici, che feriti da una luce composta non ricevono, e non trasmettono, che il moto appartenente ai raggi di tal colore.

Le ſuperficie perfettamente riflettenti, quelle, che noi chiamiamo *ſpecchi*, e che riſpingono tutte le ſpezie di luce, ſeparatamente, o tutte inſieme, contengono ne' loro pori, non meno dei corpi *limpidi*, come il vetro, l'acqua, ec. dei globetti di tutti gli ordini, ed in una proporzione ſimile a quella, che la natura ha oſſervata nella compoſizione della luce Solare: quindi avviene, che queſti corpi ſono ſempre pronti a reſpignere, o a traſmettere l'azione dei raggi omogenei, ſeparati, o riuniti.

Le ſuperficie bianche, ed i corpi aventi una ſola traſparenza imperfetta e ſenza colore, non ſono diverſi da queſti ultimi, ſe non dal più al meno; vale a dire, che la luce incidente vi ſi riflette, o paſſa a traverſo con iſminuimento ed irregolarità, o ſia per difetto di livellamento ne' pori, o ſia per una figura, grandezza, o ordine poco favorevole delle parti di queſti corpi.

Finalmente quel che noi chiamiamo *opaco*, *oſcuro*, e *nero*, non è che una privazione più o meno grande della luce traſmeſſa, o rifleſſa: lo che proviene dall' aſſorbire, o eſtinguere, che fanno i corpi illuminati, che tali ci pajono, la azione della luce. Queſto effetto, ſecondo l'opinione ch'io quì eſpongo, deve attribuirſi al ritrovarſi la luce, che riempie i pori, troppo involta fra le parti proprie delle materie che la contengono, ed incapace perciò di ricevere, e di comunicare una gran parte dell' urto, che le viene dai raggi incidenti.

Poichè non ſi va d'accordo circa la natura del moto, onde s'anima la luce, e molti ancora oggi ſoſtengono la traslazione, o emiſſione reale de' globetti; io non pretendo di proporre quanto ultimamente ho detto, ſe non come una ipoteſi. Ma

o si abbracci, o si rigetti essa per rispetto alla pretesa inerenza della luce nei corpi, ed alla guisa con cui suppongo l'azione dei raggi incidenti trasmettersi per i mezzi diafani, o riflettersi dalle superficie opache; io non credo che si possa far a meno di ammetterne la parte essenziale, che non interessa verun sistema, o che piuttosto a tutti i sistemi si adatta; voglio dire quello, che dapprincipio proposi, che il colore dei corpi naturali consiste principalmente in una certa disposizione, nella figura particolare, e nella maggiore o minore tenuità delle loro parti, intantochè questo li rende proprj a riflettere, o a rifrangere più o meno la luce, ed a renderli visibili sotto tale, o tal' altra spezie di raggi.

Neutono, che non si può a meno di citare ad ogni momento in questa materia, dopo moltissime Esperienze, ed osservazioni, maneggiate, ed esaminate con una esattezza, e sagacità senza pari, si attenne, per ispiegare i colori de' corpi naturali, alla sola spessezza più o meno grande delle picciole piastrelle, o particelle, che le compongono: e su questo fondamento portò tant' oltre la sua teoria, ed i suoi calcoli, che i principianti troverebbero difficoltà in tenergli dietro; non pretendendo egli meno, che di determinare i gradi di tenuità, che deono avere le parti costituenti delle superficie, o delle spessezze, per fare che un corpo veduto per riflessione, o per trasparenza, ci paja rosso, giallo, o azzurro. Dal che segue, che si potrebbe altresì giudicare della grandezza di questi enti (che i migliori microscopj non ci possono ancora far distinguere) dal solo colore del loro assembramento.

Quanto a me, prendendo per ragion principale de' colori ne' corpi naturali i differenti gradi

di minutezza, o di tenuità delle loro parti, non ne escludo nè la figura di ciascuna di esse, nè il contesto del loro assembramento, e so gran capitale delle varietà, che quindi nascono nella loro porosità. Eccovi nella seguente Esperienza una delle principali prove di Neutono, che può a me servire ugualmente.

PRIMA ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Pigliate un vetro d' occhiale, il quale abbia una delle sue superficie piana, ed un altro vetro, che sia convesso alquanto, quale potrebb' essere l' obbiettivo d' un telescopio di 30. o più piedi: applicate la convessità di questo sopra il piano del primo, e serrateli fortemente l' uno coll'altro colle due mani, ma in modo che possiate vedere quanto fra i due vetri si passa (*a*). Osservate la *Fig.* 19.

EFFETTI.

Questi due vetri così congiunti essendo posti sopra qualche cosa di oscuro, affinchè di sotto non venga luce veruna, fuorchè quella che può essere riflessa, voi vedrete nel mezzo, cioè nel sito in cui si toccano, e si premono naturalmente, una macchia nera circondata da parecchie anella diversamente colorite, ed alquanto separate le une dalle altre da intervalli d' un bianco semplicemente luminoso. Eccovi l' ordine di questi colori, cominciando dal cerchio più vicino alla macchia nera, che occupa il centro: azzurro, bian-

(*a*) In mancanza d' oggetti di lungo foco, si può fare quest' esperienza appoggiando i lati di due prismi l' uno sopra l' altro: perchè siccome rarissimamente le loro superficie sono rigorosamente piane, così si può far conto, ch' esse cominceranno a toccarsi per un punto, o per un picciolissimo spazio, come i vetri un poco convessi.

bianco, giallo, rosso, pagonazzo, azzurro, verde, giallo; rosso, porporino, azzurro, verde, giallo; rosso, verde, rosso. Talvolta veggonsene ancora degli altri; ma che talmente s'indeboliscono accostandosi alla circonferenza dei vetri, che sono quasi impercettibili.

Se tenete questi vetri così ristretti in maniera, che possiate ricevere nell'occhio la luce, che gli attraversa; in vece d'una macchia nera, o oscura nel centro; voi vedrete un picciolo spazio circolare d'una chiarezza somigliante a quella, che produce la luce del giorno passando per un semplice vetro; e gli spazj, che separavano i cerchj coloriti, di cui ho fatta menzione, vi pareranno anch'essi dei cerchj coloriti nell'ordine, che segue: rosso, giallo, nero, pagonazzo, azzurro, bianco, giallo, rosso, azzurro, rosso, verde inchinante all'azzurro, ec.

SPIEGAZIONE.

Fra i due vetri della nostra Esperienza rimane una picciola lama d'aria circolare, che va sempre diminuendosi dalla circonferenza verso il centro, e manca affatto nel luogo del contatto: quando pel di sopra si mirano i vetri, il mezzo appare come una macchia nera, o oscura, perchè la luce passa in questo luogo, come a traverso d'un mezzo omogeneo, i due vetri non facendone che uno per la loro immediata congiunzione, e perchè detta luce incontra al di sotto un fondo bruno, o oscuro, che non la respinge. Quello che prova, la cosa esser così, si è che questo medesimo luogo dei vetri appare chiaro e luminoso a chiunque riguarda a traverso di esso all'aria.

Contando da questo spazio circolare sino alla circonferenza dei vetri, la lama d'aria, che vi è frapposta, impercettibilmente aumenta di spes-

ſezza; e poſciacchè i colori de' cerchj, che ſi diſtinguono, tanto per rifleſſione che per traſparenza, cangiano con queſti differenti gradi di tenuità; ſi può a buona equità credere, che quindi principalmente dipenda ne' corpi il potere, che hanno di riflettere o di traſmettere tale, o tal altra ſpezie di luce.

Se ciò non avveniſſe, che con lame d'aria in tal guiſa ſottilizzate, potrebbeſi attribuire a qualche particolar qualità di queſto fluido la varietà de' colori, che cade quì in quiſtione: ma gli ſmaltatori ſoffiando del vetro eſtremamente ſottile ci porgono occaſione di vedere i medeſimi effetti ne' frammenti, che ſi trovano quaſi ſempre d' una ineguale ſpeſſezza; e chi è, che non gli abbia veduti ed ammirati in quelle pallottole leggieriſſime, che formano i fanciulli con un cannello di paglia, ed acqua, in cui ſia ſtemprato del ſapone?

Quello, che ancora ſi deve notare nella Eſperienza dei due vetri, ſi è che ſtrignendoli di più in più l'un ſopra l'altro, ſi aſſottigliano a proporzione gli orli interiori della lama d'aria, e veggonſi nel tempo ſteſſo i cerchj di colori ſcoſtarſi dal centro: ſimili cangiamenti ſi oſſervano altresì nelle pallottole d'acqua di ſapone, ſubito dopo che ſi ſono formate, perchè il peſo traendo il licore di su in giù aſſottiglia a poco a poco le pallottole nella loro parte ſuperiore, e fa variare ad ogni momento la loro ſpeſſezza. Tutto queſto prova ſempre più, che i colori non appartengono alla natura de' corpi, poſciachè la ſteſſa materia gli aſſume, e gli abbandona ſucceſſivamente; ma piuttoſto ai gradi di aſſottigliamento delle parti, poichè con queſta condizione ſi fanno a differenti corpi aſſumere gli ſteſſi colori.

II.

II. ESPERIENZA.

Preparazione.

Prendete 1. un po' di ſpirito di vino, in cui, eſſendo egli freddo, e per alcuni momenti ſieno ſtate infuſe delle foglie di roſe, coſicchè il licore non ne abbia contratto un colore ſenſibile.

2. Del ſiroppo di viole ſtemperato nell' acqua limpida a parti eguali.

3. Dell' acqua comune leggermente carica di vitriolo azzurro, dimanierachè eſſa non abbia che un colore di berillo.

4. Un poco di ſublimato corroſivo ſtemperato nell' acqua pura, e che conviene poſcia clarificare, ſia laſciandola ripoſare, ſia filtrandola per la carta bigia.

5. Della tintura di giraſole.

6. Dell' acqua forte, o dello ſpirito di nitro.

7. Dell' oglio di tartaro per deliquio.

8. Dello ſpirito volatile di ſale ammoniaco.

9. Cinque o ſei piccioli bicchieri uniti, di figura conica, e bene traſparenti.

Effetti.

Se nel primo di queſti licori voi laſciate cadere una o due gocciole d' acqua forte, o di ſpirito di nitro, egli diventa ad un tratto d' un bel roſſo color di roſe.

Così pure gettando un poco d' acqua forte nella infuſione di giraſole, ſe ne cangia toſto il colore azzurro in un roſſo color di fuoco.

Il ſiroppo di viole diventa verde per l' addizione dell' oglio di tartaro.

Lo ſteſſo ſiroppo diviene roſſo, meſcolandoviſi dell' acqua forte.

Nello ſcioglimento del vitriolo azzurro verſate un poco di ſpirito volatile di ſale ammoniaco, ed avrete un licore d' un belliſſimo azzurro.

Aggiungetevi poco per volta dell' acqua forte, l' azzurro ſparirà, e ritornerà il colore primiero di berillo.

L' acqua caricata di ſublimato corroſivo perde la ſua limpidezza, e diventa di un roſſo opaco di ruggine di ferro, per l' addizione dell' oglio di tartaro.

Queſto miſcuglio paſſa dal color roſſo al bianco di latte, quando vi ſi aggiunge dello ſpirito volatile di ſale ammoniaco.

Finalmente gli ſi rende la limpidezza primiera, e ſi fa ſparire ogni colore infondendovi dell' acqua forte.

Non è qui neceſſario indicare le doſi preciſe per tutti queſti miſcugli: eſſi ſi faranno ſempre bene, ſe i licori ſono ben preparati: baſta verſargli adagio gli uni ſopra degli altri finchè ſi veda comparir l' effetto, che ſe ne attende.

Convien avvertire altresì, che conviene diligentemente raccogliere tutti queſti liquori in un catino o maſtello dopo di ciaſcuna eſperienza per gettarli in qualche luogo, in cui nè gli animali, nè le perſone poſſano eſſerne danneggiati. L' acqua forte, e più di tutto il ſublimato corroſivo ſono droghe aſſai pericoloſe.

SPIEGAZIONE.

Tutte queſte eſperienze, e moltiſſime altre ſimili, che s' incontrano in tutti i libri di Fiſica e di Chimica (a), poſſono ridurſi a queſti quattro principali effetti.

Primo: ſi vede naſcere un colore ben diſtinto

(a) Chiunque deſidera vedere un numero più grande di queſte Eſperienze, potrà conſultare i Commentarj del Muſchembroekio ſopra l'eſperienze dell' Accademia del Cimento da lui tradotte in Latino: *Tentamiua Florentina* in 4.

to col miſcuglio di due licori, che non ne hanno, ſeparatamente l'un dall' altro.

Secondo: un colore ſi cangia in un altro affatto diverſo per l'addizione d'un licore, che non è punto colorito.

Terzo: un liquor limpido, e ſenza colore diventa opaco e colorito, meſcolandoſi con un altro liquore limpido, com'è egli.

Quarto: un miſcuglio che ha del colore e dell' opacità, perde l'uno e l'altra per l'addizione d'un licore, il quale, giudicandone dalla ſua limpidezza, e dalla picciola quantità, che a tal effetto ſe n'adopera, ſembrerebbe proprio a partecipare delle qualità, che diſtrugge.

Tutto queſto molto bene ſi ſpiega a parer mio coi principj di ſopra ſtabiliti, o adottati. Se i liquori non han colore prima d'eſſere meſcolati inſieme, donde mai può venir loro quello che hanno dopo il meſcolamento, ſe non da un cangiamento di poroſità, che gli rende atti a traſmettere una ſpezie particolare di luce, in vece di tutte le ſorti di raggi, che prima ammettevano, ed ai quali eſſi davano un libero paſſaggio? E ſe ſi chiede qual ſia la cagione di queſta nuova poroſità, ſi può con Neutono riſpondere, ch'eſſa viene dall'attenuare che fa uno dei due licori le parti dell'altro, e dal renderle più ſottili, oppure dal far eſſo tutto l'oppoſto unendo ad eſſe le ſue. Per eſempio, egli è probabile, che lo ſpirito di nitro, in qualità di acido, divida le picciole moli del ſiroppo di viole, ed apra dei pori tali, quali richiedonſi al paſſaggio de' raggi roſſi, mentre l'oglio di tartaro operando un effetto del tutto contrario non laſcia delle ſtrada aperte, ſe non per una luce più debole di ſua natura, qual ſarebbe quella che ha i raggi verdi.

Si

Si possono allegare le stesse ragioni pel secondo effetto, ed anche pel terzo: perciocchè se la limpidezza consiste nel livellamento perfettissimo de' pori in ogni senso, e questa disposizione dipende, come non è dubbio, dalla figura, e dalla tenuità delle parti solide, egli non basta per fare un miscuglio trasparente, che i licori componenti sieno limpidi separatamente; può accadere che nella loro unione le picciole moli diventino più grosse, e si dispongano diversamente di prima; ed ecco quanto basta per produrre l'opacità: questo è ciò che succede, quando si mescola colla soluzione del sublimato l'oglio di tartaro, o lo spirito di sale ammoniaco.

Che se la limpidezza rinasce nel miscuglio per l'addizione dell'acqua forte, egli così avviene perchè questo liquore acido disunisce le parti, che si erano legate insieme, e rende loro la tenuità primiera, e l'ordine regolare, ch'è necessario per comporre una massa trasparente e senza colore.

APPLICAZIONI.

Noi abbiamo tuttodì sotto agli occhi delle produzioni, delle mutazioni, delle estinzioni di colori, che ragionevolmente attribuir non possiamo ad altre cagioni, che alla novella tessitura delle superficie, o a qualche moto intestino, che cangia la porosità della massa. Diamo un'occhiata ad alcuni di questi effetti, e scegliamo quelli a preferenza, che sono più conosciuti.

La carta tinta in celeste, o pagonazzo divien tosto d'un bel rosso, che poco dopo impallidisce, quando sopra vi si passa un po' d'acqua forte indebolita alquanto con acqua comune: quasi lo stesso si vede quando è toccato da qualche altro acido, come dal suco di citrone, dall'aceto, dallo spirito di vitriolo, dalla semplice dissolu-

zio-

zione di nitro, ec. Dopo l' Esperienze di sopra riferite è facile il comprendere, che le parti coloranti, che appartengono alla superficie della carta, essendo rilasciate all' azione d'un acido, cangiano di grandezza, e probabilmente di figura, e che divengono per tal via proprie a riflettere dei raggi rossi piuttosto che dei raggi azzurri, o pagonazzi; e siccome quest' azione dura qualche tempo prima d'avere tutto il suo effetto, al rosso che dapprima compare molto carico, e vivissimo, giunge, per varj accordi successivi, ad un colore più pallido, e men forte.

Tal è il modo con cui certe materie macchiano le stoffe, disunendo le parti componenti della loro tintura; i siti che ne son tocchi assumono altri colori, e questo per lo più non ha rimedio. Un mezzo di prevenire totalmente, o in parte questi effetti si è, qualora se n' ha il tempo, di immergere in molta acqua limpida e pura quella materia, che deve produrgli, e bisogna in oltre che la tintura, che si vuol conservare, non sia per propria natura disposta a cedere all' acqua, con cui si vuol lavare la stoffa.

Il tatto dell' aria aperta, la luce del giorno, i raggi del Sole, l'azione del fuoco, bastano per alterare in poco tempo certi colori teneri, come il color di rose, di citrone, e varj altri, che si chiamano *picciole tinte* per motivo della poca solidità loro. Si può molto presumere, che queste alterazioni vengano per la maggior parte dal disunirsi facilmente per tutte queste cagioni le droghe, di cui si sono dette tinte composte, o dallo staccarsi, che fanno, senza però scomporsi, le parti coloranti dalle superficie, che se n' erano caricate. Ma o nell' un modo o nell' altro la stoffa divien quindi inabile a riflettere

la

la ſteſſa ſpezie di luce, che prima rifletteva.

Fra gli effetti di tal ſorta prodotti dall'azione del fuoco, il più ſingolare, e il più notabile di tutti ſi è quel, che interviene de' granchj, e d' altri peſci croſtacei: perchè a qual cagione può mai attribuirſi quel bel roſſo, di cui ſi tingono cuocendoſi, ſe non a qualche cangiamento di teſſitura ſuperficiale? Cangiamento così delicato, e talmente impercettibile, che l'occhio il più fino col ſoccorſo del miglior microſcopio non può ſcoprire in che conſiſta.

L'azione dell'aria produce altresì a queſto riguardo degli effetti degniſſimi della noſtra attenzione. Senza di eſſa poſſiam credere, che fareſſimo privi di quel bel verde, che tanto alletta la noſtra viſta nelle campagne e ne' giardini; poichè egli non viene a quelle piante, che coperte ſi tengono, e poichè ſi fa perdere in pochi giorni a quelle, che l'hanno, avviluppandole ſoltanto con paglia, o con terra: perchè in tal guiſa per l'appunto ſi fa diventar bianco lo ſcelleri, la cicoria, i cardi, ec. negli orti; e l'erba che principia a creſcere in qualche ſito chiuſo e coperto, come ſotto una panca, ſotto una pietra, o tegola alquanto ſollevata ec. non moſtra che getti bianchi, o che tirano alcun poco al giallo.

Ma non ſolamente contribuiſce l'aria al color verde; pare altresì che gran parte abbia eſſa negli altri colori, ſe dalle oſſervazioni ſeguenti vogliamo argomentare.

Si ritrova alle rive del mare, e maſſime ſulle coſte d'Aunis, quando la marea è baſſa, una picciola lumaca, avente ſul collo una groſſa vena d'un bianco tirante al giallo, e ſi vedono anche attorno a queſto animaletto dei piccioli corpi oblun-

lunghi del color medesimo, e grossi quasi come un granello di frumento: se si apre o la vena, o queste spezie d'uovo, di cui parlo, n'esce un liquore spesso alquanto vischioso, e che nel colore rassomiglia ad un' acqua sporca e spessa; ma stando alcuni momenti esposto all' aria libera diventa tosto d'un bellissimo porporino, e la biancherìa, che ne viene macchiata, non si può nettare coll' ordinaria imbiancatura: Leggete intorno a questo la Memoria bellissima del Signor di Reaumur esistente nel volume dell'Accademia delle Scienze all' anno 1711.

L'acqua tinta con corallina (*a*) perde in breve il suo bel color rosso, se vien rinchiusa in un vaso, e privata del contatto dell'aria libera: dico dell' aria libera, bastando per quest' effetto, che la bottiglia, ov' è contenuta, abbia un orificio stretto assai, senz' esser turato, purchè non si aggiri. L'acqua, che così si scolora, rimane chiara, e senza alcun deposito apparente, ma è alquanto gialliccia. Quel che vi è di più rimarchevole si è, che ripiglia essa il primiero colore tostochè vi s' introduce dell' aria nuova, e queste alternative possono quanto si vuole replicarsi. Ho fatto questa picciola scoperta rompendo a caso uno de' miei termometri costrutti secondo i principj del Sig. di Reaumur; è noto che il liquore di questi strumenti è un miscuglio di spirito di vino, e d'acqua comune tinta con corallina; quello ch' io ruppi avea perduto tutto il suo colore, e rimasi

(*a*) La corallina è una spezie di musco, che cresce sopra gli scogli. Si trae dalle Canarie, e preparandola con urina, ed acqua di calcina se ne forma una pasta, la quale stemperata nell' acqua serve a tingere le stoffe comuni di lana, come i panni per i Soldati, le sajette per i Contadini, ec.

masi sorpreso al vederlo rinascere, poichè fu sparso il liquore. Da questa piccola disgrazia ho imparato, perchè i nostri termometri sieno soggetti a scolorarsi, ed in qual modo si possa impedire che ciò così presto non succeda, o vi si possa rimediare quando è già succeduto. Io non purgo dall' aria il liquore, come faceva per l' innanzi, anzi lo lascio alquanto in cima al tubo, e quando malgrado questa precauzione è sparito il colore, lo fo rinascere aprendo il tubo per alcuni momenti; così gli do dell' aria novella, o lo chiudo poscia nella solita maniera.

Avvertirò quì di passaggio, che fra le produzioni della natura molte ve n' ha, che passano immediatamente da quel color bianco, ch' è un po' giallo, a quel bel rosso cremesino, o porporino, di cui ho ora parlato. Non ne voglio riferire se non alcuni esempj, lasciando al Lettore la cura di osservarne un maggior numero; il sangue ed il chilo degli animali differiscono fra loro pel colore, quasi come il liquore della lumaca, di cui più sopra ho detto, diferisce dalla lumaca stessa dopochè ha sentita l' aria. I frutti, che divengono rossi maturandosi, sia in parte, come i persici, sia in intiero come la ciriegia, ci mostrano altresì un passaggio immediato dall' uno di questi due colori all' altro.

Dopo il verde ed il rosso io trovo ancora, che l' impressione dell' aria contribuisce all' azzurro. Io sapeva che lo spirito volatile di sale ammoniaco traeva dal rame questo bel colore, ed era un giorno assai sorpreso al vedere, ch' egli non compariva in un picciol tubo di vetro ben chiuso, che io aveva riempito di detto liquore, ed in fondo di cui vi erano varj piccioli pezzi di rifetta (*a*).

Do-

(*a*) Così si chiama il rame rosso il più puro.

Dopo avere invano atteso più giorni, io versai il tutto in un picciol vaso aperto, che alquanto agitai, e la tintura si fece perfettamente.

Il tinto di glado, in cui s' immergono le stoffe di lana per tingerle in azzurro, non contiene, che un liquor verde: questo colore sparisce poscia all' aria aperta, e dà luogo a quello, che si voleva far prendere alla stoffa.

Facendovi su un poco di riflessione, si troveranno molti altri colori, che pareranno dipendere dall' azione dell' aria: ma in tutti questi effetti opera forse questo fluido per se medesimo, o serve egli soltanto di veicolo a qualche materia invisibile, che sia la cagione efficiente de' cangiamenti da noi veduti? Questo è quello, che ancora non ho potuto chiaramente decidere, rispetto alla tintura di corallina, dopo averne fatte molte (a) pruove, e poco per ora rileva il saperlo: basta, che dagli esempj citati apprendiamo che l' aria toccando le parti proprie di certe materie vi produce dei cangiamenti che non possono concernere, se non la figura, la grandezza, la situazione rispettiva di dette parti, o la porosità della massa, e che quindi risultano delle riflessioni, e delle trasparenze, che solo convengono a certe spezie di luce.

La fermentazione con simili effetti cangia pur anche il colore de' liquidi: con la stessa uva si fa del vino, ch' è bianco, o rosso, secondo la maniera di farlo: l' uno o l' altro divien giallo, o invecchiandosi, o svaporandosi, se il vaso che lo contiene non è ben chiuso.

Può dirsi generalmente, che i misti non aventi ben fissi li loro principj sono più soggetti a cangiar

(a) Vegganfi le Memorie dell' Accad. delle Sc. 1742. p. 216. e seg.

giar colore, che le materie ſemplici non ſono, ſe pur ve n' ha, o che i corpi d' una più ſolida compoſizione. Perchè ſe per eſempio ſi concepiſce una ſuperficie, che appaja verde, perchè tramanda una certa quantità di raggi gialli, ed altrettanto o più di raggi azzurri, e per evaporazione, o altrimenti, perda a poco a poco quelle delle ſue parti, che riflettono la prima ſpezie di luce, eſſa diventerà azzurra a miſura che il numero de' raggi di queſt' ultima ſpezie aumenterà, a proporzione degli altri. Così ſi fanno delle macchie azzurre ſopra una ſtoffa verde, quando ſopra vi ſi ſpande qualche materia capace di tor via il giallo, ch' è entrato nella compoſizione della tintura verde.

E per queſta ragione i buoni Pittori compongono i loro colori con polveri per lo più tratte da' minerali, e meno ſuſcettibili di cedere alle impreſſioni dell' aria, affinchè l' accordo che naſce dal loro meſcolamente duri più lungamente. Quelli, che per ignoranza, o per cattiva economia fanno diverſamente, hanno poi il diſpiacere di veder perire i loro lavori in pochi anni, perchè alcune delle parti contribuenti al tuono del colore non ſono di natura a reſiſtere quanto le altre.

Dal traſmettere una ſpezie di luce piuttoſtochè un' altra, ne ſegue ch' egli ſi può per rifleſſione vedere ſotto un color diverſo da quello, con cui ſi vede per traſparenza, e queſto altresì ci dimoſtra l' eſperienza. L' oro, ch' è d' un bel giallo per i raggi rifleſſi di ſopra la ſua ſuperficie appar verde, qualora ſi aſſottiglia talmente, che vi ſi veda la luce a traverſo. L' infuſione di giraſole è di color celeſte, quando è guardata nella prima maniera, e di color roſſo, nella ſeconda.

Speſſiſſime fiate i corpi veduti nell' una o nell' altra maniera compajano dello ſteſſo colore, come

ce

ce lo provano le cortine di taffetà rosso, o celeste; che tali sempre apparisscono a' nostri occhi, o sia che gli riguardiamo dal di fuori, o dal di dentro della camera; e ciò, perchè il corpo il più diafano mai non trasmette tutta la luce, anche omogenea, che a lui si presenta; ma ne respigne molto soventi una parte, che rende visibile la di lui superficie.

Ma quando un corpo è di natura atta a riflettere dei raggi d' una certa spezie, che accaderà egli, ove non sia illuminato, se non con una luce di un' altra spezie?

O l' estinguerà, non essendo del tutto proprio a conservare la di lei azione, o ne rifletterà una parte senza cangiar nulla del suo colore, ch' è ciò che più spesso avviene. Eccovi perchè tutti gli oggetti di un appartamento si colorano di rosso quando le cortine delle finestre son rosse, e fortemente illuminate; e per la stessa ragione rendono i volti pallidi e simili a quelli de' moribondi, se sono di taffetà verde.

Dopo di avere spiegato in che consista il colore dei corpi naturali, e come sieno proprj a riflettere o trasmettere le luci omogenee, egli è a proposito di soggiungere poche cose circa la trasparenza, e l' opacità in generale.

Poichè l' oro, che di tutte le materie conosciute è la più densa, divien trasparente, qualora è assottigliato fino ad un certo punto, ragion vuole che si pensi non esservi corpo veruno, il quale sia di sua natura d' una opacità assoluta; e siccome noi veggiamo i corpi più diafani tanto meno trasmetter di luce, quanto più cresce la loro spessezza, perciò pare altresì che si possa dire, non darsi mezzo perfettamente trasparente, e che non possa divenire opaco. Quì dunque non si tratta, che d'

una opacità e d' una trasparenza relative, e comparate: si tratta di sapere, come un corpo sia più diafano di un altro, ovvero perchè sia più opaco.

Io penso con Neutono, vale a dire in seguito ai raziocinj, ed alle osservazioni, sopra di cui questo grand' uomo fonda la sua opinione, che, ogni cosa nel resto eguale, un corpo sia tanto più proprio a trasmettere la luce, quanto più eguale delle sue parti è la densità: e lo provo colla seguente Esperienza, e con le osservazioni, che vi soggiugnerò.

III. ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Prendasi un' ampolla di sottil vetro e ben trasparente, di figura cilindrica, o quasi, di un pollice in circa di diametro, e l' lunga 7. o 8. pollici. Si riempia insino alla metà d' acqua ben chiara, e vi s' infonda di sopra altrettanto di spirito di terebentina: dopo di che senza scuoterla si turi con sovero, o altra cosa.

EFFETTI.

Finchè non si agita l' ampolla, i due liquori rimangono l' un sopra l' altro senza mescolarsi, e ciascuno di essi conserva tutta la sua trasparenza.

Se per alcuni istanti si scuote l' ampolla i due liquori si mescolano in guisa, che l' acqua si trova interrotta da una infinità di globetti di spirito di terebentina, e finchè questo dura, il miscuglio è opaco, e comparisce d' un bianco mortificato.

SPIEGAZIONI.

Lo spirito di terebintina essendo più lieve dell' acqua, rimane al di sopra quando adagio si versa, e non si scuote il vaso; e i due liquori così separati godono delle qualità a loro proprie, e per conseguenza della loro natural trasparenza. Ma quando per l'agitazione dell' ampolla il meno denso dei due si divide in piccioli globetti, che interrom-

pono

pono la continuità dell' acqua, si forma un miscuglio, le cui parti sono eterogenee, quanto alla densità per lo meno, ed allora la luce in gran parte si perde per le riflessioni e rifrazioni irregolari, ch' ella soffre in questa massa; ed il rimanente respinto, e ritornando indietro fa vedere il miscuglio sotto un color bianco.

APPLICAZIONI.

Per sostenere l' Esperienza, che ho riferita in prova, potrei citare un gran numero di effetti, che provengono visibilmente dalla medesima cagione. Perchè per esempio l' acqua, ch' è battuta dalla caduta sua propria, dalla ruota d' un mulino, o in altro modo; perchè il chiaro d' uovo agitato, e generalmente tutte le mucellagini sono opache, e di color bianco? Non è fors' egli perchè l' aria, che vi s' introduce in picciolì globetti, e che si ritrova mescolata con materie assai più dense di lei, compone con esse delle masse, le cui parti sono fra loro per la densità molto differenti?

All' opposto, perchè il vetro pesto, fesso, e non pulito, che ha perduto la sua trasparenza, la riacquista, come un' infinità d' altre materie, quando si bagna solamente con acqua? Perchè la carta fa le veci in certo modo del vetro, qualora è unta d' oglio? Perchè, per quanto si può conghietturare, si sostituisce all' aria, che a queste materie è frammischiata o ne riempie i pori e le disuguaglianze, un liquore la cui densità più alla loro si accosta?

Quando fa freddo i cristalli d' una carrozza si appannano assai presto; ed impediscono a chi v' è dentro il distinguere gli oggetti esteriori. Ciò proviene dalla traspirazione del corpo, che si attacca in forma di picciole goccie alla superficie del

vetro: queſte particelle d'acqua coi tramezzi d'aria che le ſeparano, compongono un intonico di materia molto eterogenea, quanto alla denſità, e quindi pochiſſimo atta a laſciar paſſare la luce in linea retta. Quello che prova molto bene, che il criſtallo perde per queſta ſola cagione la ſua traſparenza, ſi è, che ſe ſi riuniſcono le picciole goccie, che vi ſono ſopra, colla mano, o paſſandovi leggermente un fazzoletto il criſtallo in una maniera continua ripiglia toſto la ſua traſparenza; anzi queſto è un mezzo d'impedire ch'egli non ſi appanni maggiormente, perchè l'umidità, che vien dopo, non fa che congiungerſi a quella ch'è già diſteſa, e più non prende la forma di gocciole.

Le nebbie, che ingombrano l'atmosfera, e ne diminuiſcono conſiderabilmente la traſparenza, ſono vapori ſpeſſi, le cui picciole moli ſono aſſai più denſe di quelle dell'aria: toſtochè ſi fondone eſſe, o ſi dividono, o ſi aſſottigliano, rinaſce il chiarore nel fluido, che le contiene. Qualche coſa di ſimile ſi oſſerva nelle diſſoluzioni chimiche; elleno non ſono tenute perfette, ſe non quando ſono perfettamente chiare: prima di ciò i periti nell'arte credono con ragione, che la materia diſſolubile non è ancora diviſa quanto eſſer deve.

IV. ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Rompete in piccioli pezzi una noce di galla bianca, e ponetela in infuſione a freddo in acqua ben netta: filtrate queſta infuſione con carta bigia, e conſervatela in una bottiglia.

Fate ſciogliere un poco di vitriolo di Marte nell'acqua fredda, e laſciate ripoſare queſta diſſoluzione per 24. ore in un vaſetto di vetro di figura cilindrica. Quando ſarà ben chiara verſatela

ada-

adagio in un vaſo ben pulito, inclinando a poco à poco il vetro, che la contiene.

Preparate in oltre dell' acqua forte, ed un picciol vetro unito, ſimile a quelli della ſeconda Eſperienza.

EFFETTI.

Quando ſi meſcolano inſieme parti eguali d' infuſione di noce di galle, e di diſſoluzione di vitriolo di Marte, due liquori, che naturalmente ſon chiari e ſenza colore, formano un miſcuglio nero ed opaco, come l' inchioſtro.

Se vi ſi aggiunge un poco d' acqua forte, la traſparenza ritorna come era prima del miſcuglio.

SPIEGAZIONE.

Il vitriolo di Marte è un minerale, che contiene delle parti ferruginoſe. Finchè nuotano ſole nell' acqua pura, eſſe non nuocono molto alla traſparenza di eſſa, probabilmente perchè ſono d' una tenuità, d' una figura, e d' una diſpoſizione proprie a dar paſſaggio ad ogni ſorta di luce. Ma quando ſi uniſcono eſſe alle parti gommoſe della noce di galle, formano con queſte delle picciole moli più ſpeſſe, diverſamente configurate, e che più non ſi diſpongono nello ſteſſo modo: la maſſa liquida, che ne riſulta, non ha più i pori livellati, e forſe nè anche proporzionati, come devono eſſere, per traſmettere alcuna ſorte di raggi; quelli che la penetrano vi ſi perdono, e vi ſi eſtinguono; ed ecco perchè ella è nera, in qualunque modo venga riguardata.

L' acqua forte, che ſi agginnge nel miſcuglio, fa rinaſcere la traſparenza, perchè s' impadroniſce del vitriolo, e ſeparandole da quelle della noce di galla fa ceſſare un effetto, di cui era cagione la loro unione.

APPLICAZIONI.

L' inchioſtro comune, che ſi adopera per la ſcrittura, non è altro che una tintura di vitriolo e di noce di galla ſimile a quella della noſtra Eſperienza, ſalvocchè ſi fa bollire, e vi ſi aggiugne alquanto di gomma Arabica, o altra coſa equivalente, per renderla un poco ſpeſſa, ed impedire che troppo non ſi ſtenda, o penetri la carta. Ogni qual volta queſte droghe ſi trovano inſieme meſcolate coll' acqua, producono eſſe lo ſteſſo effetto. Quindi è, che peſtandole in un mortajo ſi può fare una polvere, con cui in qualunque occaſione ſi comporrà dell' inchioſtro all' improviſo, meſcolandovi ſolo un poco d' acqua: il che può avere la ſua utilità.

Ma poſciacchè l' acqua forte ha reſtituita la traſparenza al miſcuglio dei noſtri due liquori, non dobbiamo altresì giudicare, ch' eſſa cancellerà la ſcrittura fatta con un inchoſtro di queſta ſpezie: ed in fatti queſto ſi è il mezzo, onde ſi vale certa gente di mala fede per tor via dagli Atti autentici certe parole, e certe date, che loro preme di ſopprimere, ed acciocchè meno appaja la loro infedeltà, non adoperano eſſi che dell' acqua forte meſcolata con acqua comune; il che non guaſta tanto la carta, e dà luogo a potervi ſoſtituire altre parole invece di quelle che ſi ſon tolte.

I corpi neri tanto ſolidi, quanto liquidi ſono d' ordinario i più acconci ad intercepire la luce; quindi è, che gli Aſtronomi affumicano i vetri a traverſo de' quali eſſi mirano il Sole, perchè l' occhio non venga ferito dal troppo ſplendore de' raggi. L' aſtro allora compare d' un giallo inchinante al roſſo, perchè di tutte le ſpezie di luce, che ne emanano, quelle di queſti due colori ſono le più forti, penetrando eſſe delle ſpeſſezze e dei gra-

di d'opacità, ne' quali s'arrestano altri e s'estinguono.

Per la stessa ragione interviene, che quando vi è la nebbia, il Sole ci sembra di un rosso sanguigno, e noi lo guardiamo fissamente, senzachè la vista offesa ne rimanga. La Luna piena nel levarsi compare quasi sempre così, per la gran quantità di vapori, che ordinariamente regnano vicino alla superficie della terra, e che trattenendo i raggi più deboli della luce, cioè i pagonazzi, gli azzurri, i verdi, ed una parte ancora dei gialli, non ci lasciano distinguere il pianeta, se non con i rossi, che sono i più forti, mescolati ad una picciola quantità di altri.

Quando il Sole si asconde dietro nuvole non troppo spesse, o in vapori spessi, quelli de' suoi raggi, che hanno la forza di penetrarli, ce gli tingono in rosso, ed è sempre per la stessa cagione.

Un mezzo certo d'intercepire ogni sorte di luce due corpi trasparenti, si è quello di opporgliene due, ciascun de' quali abbia uno dei colori primitivi molto diverso dall'altro, come verbigrazia un vetro rosso, ed un vetro azzurro posti l'un sull'altro: perchè se il primo, eccettuati i raggi rossi, trattiene ogni spezie di luce, ed anche l'azzurra, ed il secondo, che non potrebbe lasciar passare che i raggi azzurri intercepisce tutti gli altri senza eccettuarne i rossi, egli è forza, che l'uno e l'altro insieme uniti producano la più perfetta opacità: ed ecco perchè molti liquori coloriti, benchè chiarissimi e trasparenti, perdono questa qualità tostochè sono mescolati.

E non sarebbe forse per una consimile ragione, che i panni prima tinti in azzurro hanno poscia un nero più bello, e più solido? Perciocchè

chè se la lana è bianca sotto il nero, può tramandare dei raggi di ogni spezie, ed i più forti penetrando la tintura nera di più in più, a misura ch' essa s' indebolirà, le daranno un tuono rossiccio, in vece che se detta lana è azzurra, non ne possono venire che dei raggi deboli, i quali troveranno maggiore difficoltà in passare a traverso del nero, e che, se passassero, non segnerebbero come i rossi.

Considerati i colori nella luce, e poscia ne' corpi naturali, l'ordine delle materie richiederebbe che si esaminassero ora i medesimi nel senso della vista, per cui ne acquistiamo le idee; ma perciocchè durerei fatica a farmi intendere prima d' aver fatto conoscere l' organo, che di questo senso è la sede, giudico a proposito di quì por fine alla terza Sessione, riserbando quanto a dir mi rimane intorno a' colori, quando avrò parlato delle diverse parti dell' occhio, e delle loro funzioni.

IV. SEZIONE.

Sopra la visione, e gl' istromenti d' Optica.

La visione degli oggetti è l' idea, che noi concepiamo di essi consecutivamente alle impressioni, che fanno di sopra di noi, col mezzo della luce. Quella parte del corpo animato, che *occhio* si chiama, è l' organo particolarmente destinato a ricevere queste impressioni: finchè egli è sano e nel suo stato naturale, l' uso che ne facciamo può bastare a' nostri bisogni ordinarj: s' egli è ammalato, o la nostra curiosità esige da lui quel che non può fare, l' arte viene al di lui soccorso, e gli porge degli stromenti, per i quali esso giunge insino ad oggetti, che la natura sembrava aver posti fuori della sua portata.

Questa breve esposizione annunzia due sorti di

vi-

visione: cioè 1. Quella che si fa per mezzo degli occhi soli, e ch' io chiamerò *visione naturale*: 2. Quella ch' è ajutata o accresciuta dagl' istromenti di Optica, quali sono gli occhiali, microscopj ec. e che possiam chiamare *visione artifiziale*.

ARTICOLO PRIMO.

Della Visione Naturale.

Parlando nella seconda Sessione dei diversi movimenti della luce, ho rappresentati i raggi che a noi vengono da tutti i punti dell' oggetto, come tanti pennelli, o tante piramidi luminose, aventi per base comune quella parte circolare dell' occhio, che *pupilla* si chiama. Io mi son contentato di seguirli insino a quest' apertura, o se pure ho parlato del loro prolungamento al di là di essa, io non ho avuto riguardo, se non a i loro assi, che ho come semplici linee considerati. Se dette piramidi s' inoltrassero colle loro basi insino nal fondo dell' occhio, vi farebbero delle impressioni larghe e deboli, che certo le une colle altre si confonderebbono: differenti punti dell' oggetto visibile farebbonsi insieme sentire sopra una medesima parte dell' organo, e la visione diventerebbe così di molto confusa. L' Autore della natura ha saviamente provveduto a questo sconcerto, facendo che ciascuna delle piramidi, di cui trattiamo, non giunga sì tosto all' occhio, che vi si converte in un' altra piramide opposta per la sua base alla prima, e la cui punta va a toccare il fondo dell' occhio: ed in tal guisa la visione diviene chiara per due ragioni. Primieramente, perchè ciascuna impressione è più forte, venendo prodotta da tutti i raggi della piramide riuniti sopra un picciolissimo spazio: in secondo luogo perchè tutte le impressioni si fanno sopra differenti

par-

parti dell' organo; il che fa separatamente sentire tutti li punti dell' oggetto.

Ma come mai la luce, ch' entra nella pupilla, riceve quella nuova modificazione, che di divergente, qual' era, convergente la rende? Questo appunto si è quel meccanismo, cui m' accingo ora ad ispiegare. Prima però è necessario che io faccia conoscere le diverse parti dell'occhio, poichè dalle loro funzioni dipendono per l' appunto quegli effetti, onde siam per trattare.

L' uomo, e la maggior parte degli Animali (*a*) hanno due occhi situati nella parte anteriore del capo. Ciascuno di questi organi è una spezie di globo rinchiuso in parte in una cavità ossea, che *orbita* si chiama, dove in ogni senso si move per mezzo di sei muscoli.

Il detto globo è composto esteriormente di varie membrane, le une sopra le altre, aventi la loro origine da un nervo procedente dal cerebro, e chiamato *nervo optico*: l' interno è ripieno di tre umori di consistenze diverse, di cui parleremo.

Il nervo optico, come gli altri, ha tre parti principali, cioè la *dura madre*, che l' involge esteriormente; la *pia madre*, che sta sotto, ed è quasi un secondo inviluppo: e la midolla, ch' è una sostanza più molle: queste tre parti si dilatano per formare il globo dell'occhio, e pigliano varj nomi.

La prima, ch' è una dilatazione della dura madre, si chiama *sclerotica*; la sua parte anteriore è trasparente, come il corno onde guerniscon si le lanterne, e si eleva alquanto, come una porzione

(*a*) Non ho quì verun riguardo alle differenze, che si trovano negli occhi degli Animali, quanto alla conformazione, alla posizione, o al numero: parlo solamente degli occhi degli animali più grandi, e più cogniti, e massime di quei dell' uomo.

ne di sfera minore di quella dell' occhio. Si appella altresì *cornea*, ed allora per distinguerne le due parti si chiama l' ultima *cornea trasparente*, e l' altra *cornea epoca*.

La pia madre aprendosi sotto la Sclerotica forma il secondo viluppo, che porta il nome di *coroide*, e si divide in due lame, l' una delle quali perfettamente contigua alla sclerotica con essa si confonde vicino alla cornea trasparente.

„ La seconda lama della pia madre, dice il „ Sig. le Cat nel suo Trattato de' Sensi pag. 373. „ sa propriamente quello, che si chiama la *co-* „ *roide*, o *l' uvea*; ma questa lama non è che „ una tessitura di vasi nervosi e liquorosi, ch' „ escono dalla interna superficie della prima la- „ ma. Questi vasi contengono un inchiostro, che „ dà il color nero, o bruno a detta seconda lama. „ Una parte di questi vasi, e di questi nervi si apre „ alla faccia interna di essa lama, e vi forma una „ tessitura vellutata, o mamillare, carica del sud- „ detto inchiostro. Ruisch ne ha fatta una tuni- „ ca particolare, e chiamasi la seconda tunica „ della coroide, che secondo noi sarebbe la terza, „ che la pia madre darebbe all' occhio; cioè una „ veramente membranosa unita alla sclerotica, o „ cornea opaca; una vasculare, detta coroide, ed „ una vellutata, chiamata *tunica* di Ruisch. "

Verso l' orlo della cornea trasparente la coroide si spiega; e la sua parte anteriore forma l' *Iride*; e la posteriore è quella, che si chiama *corona cigliare*.

L' *iride* è un cerchio colorito, che si vede sotto la cornea trasparente, nel cui mezzo ritrovasi un buco rotondo, detto la *pupilla*. Questa parte, che cangia di colore, secondo i diversi individui, ha delle fibre muscolari, alcune delle quali forma-

mano dei circoli concentrici, e le altre ſono come raggi tendenti al centro della pupilla. Gli occhi azzurri, maſſime ne' fanciulli, hanno talvolta queſte ultime fibre così apparenti, che il volgo crede di diſtinguervi dei quadranti, e gli riguarda come una maraviglia.

La corona cigliare abbraccia, e tien ſoſpeſo rimpetto alla pupilla un corpo traſparente di figura lenticolare, più conveſſo verſo il fondo dell' occhio, che anteriormente, detto il *criſtallino*.

La parte midollare del nervo optico ſi apre altresì, e produce ſotto la coroide una terza membrana finiſſima, e bavoſa, che ſi ſtende per tutto l' interiore dell' occhi, terminandoſi alla corona cigliare; e queſto è ciò, che ſi chiama la *retina*.

Tutte le parti fin quì deſcritta dividono l' interiore del globo dell' occhio in tre *camere*. La prima è compreſa tra la cornea traſparente, e l' iride: la ſeconda fra l' iride, ed il criſtallino, che forma colla corona cigliare una ſpecie di ſeparazione o tramezzo. Queſte due prime camere communicano inſieme per via della pupilla, e contengono un liquore chiaro come l' acqua, detto perciò l' *umore acquoſo*. La terza camera aſſai più grande delle precedenti, è compreſa tra il criſtallino, ed il fondo dell' occhio, e contiene una ſoſtanza limpidiſſima, e d' una conſiſtenza molto ſimile a quella della gelatina, detta l' *umore vitreo*.

Convien dunque concepire, che il criſtallino rinchiuſo nella corona cigliare ſoſpeſo ſi trova a dirimpetto della pupilla fra l' umore acquoſo, ed il vitreo; e che tutte quelle picciole fibre, che ſi congiungono così alla ſua circonferenza, ſono produzioni della coroide, che appartiene altresì alla pia madre, ſecondo viluppo del nervo optico.

Il globo da me ora deſcritto ſi move, come

già

già dissi, nell' orbita; e per conservarsi egli ha davanti a sè due spezie di cortine, che *palpebre* si appellano, le quali possono dall' animale aprirsi e chiudersi a suo piacimento, sono orlate d' una frange di peli per tenerne lontani i piccioli corpi stranieri, o gl' insetti, che volano per l' aria, e che potrebbono nuocere ad un organo così prezioso, e delicato.

Quanto quì esposi circa le parti dell' occhio è sufficiente per far intendere quello, che ho da dire sopra il meccanismo della visione. Chi bramasse saperne di più, può consultare gli Anatomici, che trattarono di questa materia in tutta la di lei estensione. Ve ne ha un gran numero, ma rispetto agli organi de' sensi, il libro sopraccitato del Sig. le Cat pare a me uno de' migliori per la sua chiarezza ed esattezza.

Conosciuta la natura, e la costruzione dell' occhio, ecco in breve come concepir si possa, che gli oggetti esteriori fanno impressione sopra quest' organo, ed in qual modo le loro differenti parti si fanno sentire, quando si trovano esse ad una convenevol distanza, e sufficientemente illuminate.

Il cristallino essendo per la sua figura, e per la sua trasparenza del tutto simile ad una lente di vetro, e trovandosi collocato fra mezzi d' una densità minore della sua, deve produrre degli effetti simili a quelli d' un vetro lenticolare situato nell' aria, o nell' acqua. Ora la Dioptrica ne insegna, che un tal vetro in tali circostanze raccoglie in un foco, raggi paralleli o poco divergenti, che riceve; dal che io concludo, che una piramide di luce, la quale partendo da un punto luminoso A, *Fig.* 1., situato in certa distanza, verrebbe a cadere sopra del cristallino C, potrebbe, dopo esservisi rifratta sì nell' entrare che nell' uscire, raccogliersi in *a* nel fon-

fondo dell' occhio, e fare in questo picciol sito tutta quella impressione, che sarebbesi distribuita sopra un spazio assai maggiore, se i raggi componenti detta piramide non fossero stati rifratti dal cristallino.

Concepisco ancora, che se due piramidi simili alla precedente vengono dalle estremità e dal mezzo d' un medesimo oggetto ad appoggiare le loro basi sopra la superficie del cristallino, come A C, B C, D C, *Fig.* 2., non solamente ciascuna di esse, in un punto *a*, *b*, o *d* si raccoglierà, ma questi punti di riunione saranno altresì separati e distinti l' un dall' altro, e si disporranno nel fondo dell' occhio in un ordine opposto a quello delle parti dell' oggetto, da cui procedono i raggi. Il che m' insegna 1. Perchè le impressioni fatte sull' organo dalla luce procedente dai differenti punti dell' oggetto visibile non si confondano le une colle altre: 2. In qual modo l' immagine dell' oggetto da esse impressioni risultante si ritrovi rovesciata nell' occhio.

E questo è quanto dobbiam pensare nelle funzioni dell' occhio, ragionando giusta i principj stabiliti nel primo e terzo Articolo della seconda Sessione: i quali principj sono certi così, che quando altra sicurtà non ne avessimo, potressimo senz' alcun timore di errare, tenere le cose da me ora esposte. Tuttavia uniamo alla teorica la esperienza, e dimostriamo per via di un' imitazione dell' occhio, che gli effetti della luce tali sono in lui, quali gli ho concepiti.

PRIMA ESPERIENZA.

PREPARAZIONE.

Lo strumento dalla *Fig.* 3. rappresentato è una scatola di legno rotonda, e grossa come quelle, che si usano per tenervi li saponetti, ed è posta so-

ſopra di un piede perchè più comodamente ſi poſſa e collocare e maneggiare.

Queſta ſcatola ha due buchi rotondi diametralmente oppoſti, l'uno de' quali, che ha un pollice e mezzo di diametro, è ricoperto con una carta unta d'oglio, e l'altro riceve un picciol cannello di legno di un pollice di diametro, e cilindrico eſteriormente, lungo al più al più un pollice.

Detto cannello ha interiormente la forma d'un cono troncato, e tiene nella ſua eſtremità più ſtretta un picciol vetro lenticolare, il cui foco è quaſi alla diſtanza della carta unta d'oglio, coſicchè vi ſi può far giungere eſattamente con avanzare alquanto, o rinculare il picciolo cannello.

EFFETTI.

Se ſtando in luogo alquanto oſcuro ſi tiene lo ſtrumento in guiſa, che il vetro ſia volto verſo qualche oggetto bene illuminato, e non lontanto più di 30. o 40. paſſi, vedeſi detto oggetto dipinto con tutti li ſuoi colori diſtintiſſimamente ſopra la carta unta d'oglio, ed in una ſituazione roveſciata.

SPIEGAZIONE.

Queſti effetti eſſendo perfettamente conformi a quanto noi abbiamo ſuppoſto ſuccedere nell' occhio, teoricamente parlando, e lo ſtrumento nella noſtra Eſperienza adoperato imitando l'organo della viſione nella ſua parte eſſenziale, ſi può riguardare quanto eſpoſi di ſopra col ſoccorſo delle *Fig.* 1. e 2. come un' anticipata ſpiegazione de' riſultati ultimamente veduti, e queſti ſteſſi riſultati come perfette prove di quanto la teoria ne aveva fatto prevedere. Ma ſiccome l'occhio artifiziale, di cui ci ſiamo ſerviti, non può ſe non imperfettamente imitare l'organo della viſta, quindi è che ci rimangono ancora varie importanti oſſer-

oſſervazioni da farſi ſopra la viſione, che quì in appreſſo ſi troveranno.

APPLICAZIONI.

La cornea coll' umore acquoſo da lei ricoperto forma un corpo traſparente d' una conveſſa ſuperficie, e d' una denſità maggiore di quella dell' aria: quindi ne riſultano degli effetti avvantaggioſi: queſta parte dell'occhio per la ſua figura, e per la potenza rifrangente, che ha, fa entrare nella pupilla dei raggi, che ſenza di ciò non vi entrerebbono, una parte di quelli, che cadrebbono ſopra l' iride, diventano o meno divergenti, o paralleli rifrangendoſi verſo *p Fig.* 1. E per queſta ragione eſſi entrano in maggior quantità nella pupilla e fanno vedere più chiaramente l' oggetto. In oltre queſta ſteſſa parte dell' occhio per l'eminenza che ha proccura alla viſta un'eſtenſione più grande. Egli è facile il comprendere, che ſe la cornea foſſe piana, ed a livello dell' orbita, l' animale non vedrebbe, ſe non quegli oggetti, che ſarebbero direttamente collocati innanzi a lui, e gli converebbe girare ad ogni iſtante il capo per vedere gli altri; in vece che ſendo ritondata, ed eminente, eſſa fa diſtintamente vedere quanto ſta dirimpetto all' occhio, e diſtinguere, almeno confuſamente, quanto ſi trova dai lati inſino ad una certa diſtanza.

L' umore acquoſo, s' egli è vero, come ſi dice, che il ſuo grado di rifrangenza ſia, o quaſi uguale a quello dell' acqua, ſarebbe ſtato ſenza effetto per gli peſci: la rifrazione della luce non ſarebbe principiata, che al criſtallino; e ſe foſſe ſtato tirato indietro, come negli altri animali, la loro viſta non avrebbe avuta quell' eſtenſione, di cui ho parlato. La natura procurò loro un tale vantaggio provvedendogli d' un criſtallino di figura sferica, di conſiſtenza maggiore, elevata come la noſtra

cor-

cornea, e di una pupilla molto aperta. Nè fu già ſua intenzione, come comunemente ſi crede, di ſupplire colla sfericità del criſtallo alla quantità di rifrazione, che manca, per la ſoppreſſione dell' umore acquoſo: egli è dimoſtrato che una lente formata di due ſegmenti raccoglie i raggi più vicino alla loro incidenza, di quel che poſſa fare l' intiera sfera, di cui eſſa è parte.

La luce non ha ſempre lo ſteſſo grado d' intenſità: ma ora è più forte, ed ora più debole, ſecondo la natura de' corpi, che a noi la mandano, e la quantità degli oſtacoli, ch' eſſa incontra nel cammino; ſi trovano inoltre degli occhi più ſenſibili gli uni degli altri alle di lei impreſſioni: era dunque neceſſario, per l' uſo dell' organo che noi poteſſimo a noſtro piacimento miſurare la quantità de' raggi, che penetrano nell' occhio; locchè appunto facciamo ſenz'avvederſene riſtrignendo, o dilatando la pupilla. Queſti movimenti ſi fanno per l' azione di que' piccioli muſcoli, de' quali dicemmo eſſere compoſta l' Iride: il primo per la contrazione delle fibre circolari; il ſecondo per quella delle fibre rette, che tendono ad un centro comune: e quando queſto non ſi fa abbaſtanza prontamente, noi ne riſentiamo qualche incomodità; come allorchè paſſiamo ad un tratto da un luogo molto oſcuro in un altro molto chiaro, o all' oppoſto. Nel primo caſo la gran luce ci abbaglia, e ci fa male agli occhi; e nel ſecondo reſtiamo per qualche tempo ſenza vedere gli oggetti, e ſolo cominciamo a diſtinguerli, quando più ſi apre la pupilla.

Facilmente ſi concepiſce da quanto dicemmo nella Dioptrica intorno agli effetti delle lenti diafane, che il criſtallino è capace di raccogliere, come in un punto, nel fondo dell' occhio tutti que'

raggi, che da uno ſteſſo punto dell' oggetto dipartendoſi giungono alla ſua ſuperficie anteriore: ma ſi ſa pur anche dagli ſteſſi principj, che queſto punto di riunione dev' eſſere più o meno diſcoſto dalla lente, quanto più o meno ſaranno divergenti tra loro i raggi incidenti; e perchè queſta divergenza diminuiſce a miſura, che ſi accreſce la diſtanza fra l' oggetto, e l' occhio, ſi domanda, in qual modo egli poſſa intervenire, che la viſione ſia diſtinta, quando ſi guarda più da vicino, o più da lontano.

Reale, e ben fondata ſi è queſta difficoltà. Perlocchè egli è certo, che ſe i raggi divergenti, come ſono A *b*, A *d*, *Fig.* 4., paſſando per gli umori dell' occhio vi ſi rifrangono preciſamente quanto baſta per riunirſi alla diſtanza D D, dove ſi ſuppone il fondo dell' occhio; altri raggi più divergenti, come B *b*, B *d*, ſe nulla ſi muta nel detto occhio, deono riunirſi più lontano, in *e* per eſempio; ed all' oppoſto quelli che ſarebbero divergenti meno dei primi, come C *b*, C *d*, s' interſecherebbero prima di giungere alla diſtanza D D, come ſi vede in *f*. In queſti due ultimi caſi la viſione ſarebbe confuſa, perchè l' impreſſione della luce in vece di farſi ſopra punti dell' organo, ſi farebbe in circoli d' una ſenſibile eſtenſione, che anticiperebbono gli uni ſugli altri. Siccome vi ſono dei limiti aſſai grandi, fra i quali ciò non accade (*a*): gli Optici in varie guiſe vi ſi applicarono a fine di renderne la ragione.

Pre-

(*a*) Il Sig. Jurin, che pubblicò una eccellente diſſertazione ſopra la Viſione diſtinta, pretende che il più degli uomini nell' età di mezzo vegga diſtintamente piccioli oggetti, che non ſono all' occhio più vicini di 6. o 8. pollici, nè più diſcoſti di 14. piedi:

Pretendono gli uni, che il globo dell' occhio per l' azione de' muſcoli eſteriori cangi all' uopo di figura; che ſi allunghi per vedere diſtintamente gli oggetti a lui troppo vicini; che ſi accorci all' opposto per quelli, che ſono troppo lontani. S' egli è così, non occorre cercare altre ragioni: egli è certo, che ſe il fondo dell' occhio D D può ritirarſi ſino in *e*, ed accoſtarſi in *f*, le tre ſorti di raggi incidenti da noi di ſopra ſuppoſte potranno colla maggior perfezione poſſibile riunirviſi. Ma conſiderando per una parte i limiti della viſione diſtinta, ed i diverſi gradi di divergenza che permettono ai raggi incidenti; e dall' altra calcolando gli effetti, che poſſono produrre ſopra la luce gli umori dell' occhio in virtù delle loro potenze rifrattive (*a*); ſi ritrova, che non è veriſimile, nè poſſibile tampoco, che il globo ſi allunghi, o ſi accorci quanto convien ſupporlo per ſoddisfare interamente alla quiſtione, di cui ſi tratta (*b*).

Penſano gli altri, che il criſtallino poſſa avan-

T 2 zar-

di: *Eſſay on diſtinct and indiſtinct viſion*. Il Dottore Porterfield nei Saggi di Medicina d' Edimburgo fiſſa queſti limiti fra 6. pollici, e 27. pollici. Moltiſſime ſenza dubbio devono eſſere in queſto le variazioni, ſecondo la differenza degli occhi, ec.

(*a*) Secondo il Sig. Jurin, il ſeno di rifrazione per la luce, che paſſa dall' aria nell' umore acquoſo, è al ſeno d' incidenza, come 4. a 3. per quella che paſſa dall' umore acquoſo nel criſtallino, come 13. a 12; e per quella che paſſa dal criſtallino nell' umor vitreo, come 12. a 13. *Eſſay on diſtinct and indiſtinct viſion*.

(*b*) Se ſi ammettono i limiti della viſione diſtinta fiſſati dal Sig. Jurin, converrebbe, che l' aſſe dell' occhio diveniſſe di un decimo più lungo, che non è nello ſtato ſuo naturale.

zarsi, o ritirarsi per l'azione de' ligamenti cigliari, che si riguardano altresì come piccioli muscoli: e questo solo potrebbe assai bene servire di spiegazione, se i movimenti, che nel cristallino si suppongono, potessero far variare la distanza, che vi ha tra esso ed il fondo dell'occhio, quanto lo esige la differenza di quelle, con cui veggonsi distintamente gli oggetti: ma egli è ancora meno impossibile che ciò avvenga pel giuoco, che si suppone nel cristallino, che pel prolungamento e raccorciamento del globo dell'occhio.

Finalmente il Sig. Jurin, già più volte citato, ha creduto ritrovare nell'anatomia dell'occhio, più perfezionata di quello che fosse innanzi a lui, la vera cagione del fenomeno, di cui ragioniamo.

Egli osserva primieramente, che la cornea trasparente è flessibile, ed elastica, capace per conseguenza di divenir più convessa, se viene tirata indietro per la sua circonferenza, e di rimettersi nel primo suo stato tostochè si farà cessare l'azione, che la restringe.

Osserva poscia, che l'uvea è una membrana muscolosa capace di restrignersi, e che piglia essa la sua origine una protuberanza circolare, la quale regna lungo l'interiore della cornea, là dove alla sclerotica si congiugne: egli chiama questa protuberanza *il grande anello muscoloso*, e dà il nomo di *picciolo anello muscoloso* a quello della stessa membrana, che sta dalla parte della pupilla.

Del resto si sa, che il cristallino è rinchiuso in una capsula membranosa con un poco d'acqua fra due; che la parte posteriore di detta capsula è aderente alla membrana slegata, che contiene l'umor vitreo; e che i ligamenti cigliari, li quali sono piccioli muscoli, stanno uniti dall'una parte all'orlo di detta capsula, e dall'altra al sito, in

cui

cui la cornea trasparente alla sclerotica si congiunge (*a*).

Col soccorso di queste osservazioni così discorre il Sig. Jurin. Qualora l'occhio sta parfettamente in riposo, e non fa sforzo veruno, egli è in istato di vedere distintissimamente i piccioli oggetti in una data distanza, che per lo più degli uomini è di 15 in 16 pollici. „ Quando noi guar-
„ diamo detti oggetti più da vicino, io credo,
„ (soggiunge egli) che il grande anello muscolo-
„ so dell'uvea si restrigne, il che rende la cornea
„ più convessa, e la prima rifrazione de' raggi
„ più grande: questo effetto compensa la troppo
„ grande divergenza, che proviene dalla vicinan-
„ za dell'oggetto. Se noi guardiamo ad una di-
„ stanza maggiore di 15 in 16 pollici, i liga-
„ menti cigliari contraendosi tirano gli orli della
„ capsula, e fanno verso essi risalire l'acqua, che
„ si trova fra questo inviluppo, ed il corpo del
„ cristallino, che quindi meno spesso ne diviene
„ del mezzo: la sua convessità così diminuita,
„ compensa il grado di divergenza, che manca
„ ai raggi, che vengono troppo di lontano.

Lo spiritoso Autore di questa spiegazione non si è mica contentato di vederla così in grosso, ma la sottopose al calcolo, ed alle più esatte misure: egli è vero, che in certi punti essa non ne sostiene tutto il rigore; ma perchè non le si associerebbe l'opinion di coloro, che suppongono una variazione di figura nel globo dell'occhio, almeno per le spezie di animali, che hanno quest' organo affatto flessibile? Queste due cagioni essendo probabili egualmente, io non vedo perchè non se ne voglia ammettere, se non una, qualora essa

(*a*) Veggasi una Memoria del Sig. Petit nel vol. dell' Accad. delle Scienze per l' anno 1730.

essa non serve a disciogliere tutte le difficoltà.

S'egli è vero, che per lo più degli uomini la distanza di 15 in 16 pollici sia quella, in cui l'occhio vede senza difficoltà e distintamente i piccioli oggetti, egli non è men certo, che se ne trovano di quelli, per i quali essa è troppo grande, ed altri, per i quali è troppo picciola. I primi si appellano *miopi*, perchè distinguono benissimo quanto vi ha di più picciolo guardandolo nella distanza loro conveniente: gli altri chiamansi *presbiti*, perchè il difetto della loro vista è assai comune fra le persone attempate.

I miopi hanno gli umori dell'occhio troppo convessi, per la distanza, che vi è dal cristallino alla retina: i raggi vegnenti da un oggetto situato in distanza di 15 o 16 pollici, sono troppo divergenti per la somma delle rifrazioni, che hanno da soffrire, e s'intersecano prima di giungere al fondo dell'occhio. Coloro, che hanno un tal difetto, non tralasciano certo di fare tutto ciò, che far sogliono le viste comuni all'aspetto d'un oggetto troppo discosto; ma siccome questo non basta loro per vedere in guisa distinta a 15 o 16 pollici, essi guardano molto più da vicino, e per tal mezzo ricevono ne' loro occhi dei raggi, che hanno una grande divergenza. Per qualunque mezzo questo intervenga, quando questo eccesso di divergenza si ritrova in una conveniente relazione colla troppo grande convessità degli umori rifrangenti, i miopi hanno la visione distinta, e vedono con maggior chiarezza degli altri, perchè più di luce ricevono da ciascun punto visibile.

Nell'occhio d'un *presbite* gli umori sono meno rifrangenti di quel che comunemente lo sieno negli altri occhi, o sia per difetto di convessità, o sia che il loro potere rifrattivo sia stato da qual-

che

che malattia, o dalla vecchiaja alterato; essi non possono sufficientemente piegare i raggi di luce per raccoglierli sopra la retina, ove però la loro divergenza non sia minore di quel ch' è quando vengono essi da una distanza di 15 o 16 pollici. Ed ecco perchè queste sorti di viste amano di guardare assai di lontano, e per vedere da vicino più distintamente conviene che l'occhio faccia uno sforzo, o per accorciarsi, o per rendere la cornea trasparente più convessa, che non è d'ordinario.

Queste sorti di viste troppo corte, o troppo lunghe, hanno ancora un rimedio per vedere distintamente, ch' è di stringere assai la pupilla; ciò diminuisce la grossezza delle piramidi, o sia de' pennoncelli di luce, ch' entrano nell' occhio: per tal via i raggi, che gli compongono, benchè imperfettamente riuniti, non fanno però una larga impressione nel fondo dell' occhio. E questo si può con tutta facilità provare, mettendo accosto all' occhio una carta bucata con un ago; pel qual mezzo vedesi distintamente ogni qualunque oggetto, che troppo vicino sarebbe per essere veduto coll' occhio ignudo, perchè allora non vi sono, per dir così, che gli assi delle piramidi, le quali contribuiscano a formare l' immagine.

Quando questi difetti della vista son cresciuti a segno tale, che non vi si può rimediare nè cangiando la distanza dell' oggetto, nè cogli sforzi dell' organo, o quando non si vuole aver ricorso a questi mezzi, l' arte ne fornisce degli altri, de' quali farò menzione nell' Articolo seguente.

Dopo tutto quello, che ho detto intorno ai limiti della visione, sì per le viste ordinarie, che per quelle de' presbiti e de' miopi, rimane ancora da sapersi, perchè noi distinguiamo degli oggetti

lontani, a segno di riconoscerli alla distanza d'una lega, e più ancora. Per rispondere a questa quistione, osserverò esservi due sorti di visioni, l'una distinta, più perfetta, e non necessaria, che in certi casi; l'altra imperfetta, meno distinta, e sufficiente per lo più. Noi desideriamo la prima per gli oggetti piccioli, e per tutto ciò che guardiamo da una picciola distanza: ci contentiamo poi della seconda perciò ch'è grande e molto discosto. Se leggo una lettera, se considero un giojello, ho bisogno di distinguerne tutte le parti: tutti questi punti visibili essendo contigui gli uni agli altri non possono essere veduti distintamente, se non quanto si fanno essi sentire sull'organo; e questo esige, che i fastelli di raggi da essi agli occhi tramandati facciano bene la punta sulla retina. Per quest'ultimo effetto è di gran conseguenza la distanza maggiore o minore dell'oggetto: egli non è già lo stesso, se miro un edificio discosto da me una lega; poco m'importa di contare le lastre, o le tegole del coperto; mi basta di distinguere il corpo dell'edificio, le ali, i padiglioni, le porte, le finestre, i camini ec. e tutto questo si può facilmente; perciocchè le dette parti, che sono grandi, e le une separate dall'altre, si dipingono altresì nel fondo dell'occhio separatamente; il che basta per renderle sensibili, senza confusione.

Ho fin quì parlato della retina, come di quella parte dell'occhio, sopra di cui si fanno le impressioni della luce, che servono alla visione; e tale in fatti si è il sentimento più antico e più comune: ma non deggio tacer però che molti valentissimi Optici attribuiscono questa funzione alla coroide, ed allegano in favore della opinion loro dei fatti, e dei raziocini, senza dubbio di molto peso. Io tralascerò di riferirli, e mi contenterò

di

di rimettere il Leggitore alle Opere del Sig. Mariotte (*a*), cui dobbiamo questa scoperta, se pure è scoperta; ed al Trattato de' Sensi del Sign. le Cat (*b*), che realissima la crede, e ne assume la difesa. Non posso però dispensarmi dal riferire un' Esperienza curiosissima, che diede luogo a questa quistione, e determinò il Sig. Mariotte a credere, che la coroide sia veramente l' organo immediato della vista.

Questo Accademico sapendo, che la parte midollare del nervo optico, dove la retina ha la sua origine, non è nel mezzo del fondo dell'occhio, dove si fa la pittura dell'oggetto direttamente guardato, ma alquanto più in sù, e da lato, tirando verso il basso (almeno nell' uomo); volle vedere, se l' immagine, che in questo sito caderebbe, fosse sensibile. A tal effetto affisse incontro ad un muro di colore oscuro un picciolo cerchio di carta bianca per fissare la propria vista; indi alla distanza di due piedi in circa verso la destra ne affisse un altro alquanto più largo, ed un terzo, poco più giù del primo: poscia tenendo chiuso l' occhio sinistro, e fissando il destro sopra il primo pezzo di carta, egli distingueva nel tempo stesso il secondo, che stava da lato; ma quando a poco a poco ritirandosi indietro egli si fu scostato fino alla distanza di 9. piedi dal muro, perdette quest' ultimo di vista; ed un tale effetto non procedeva già dall' essere detta carta

(*a*) Recueil des Oeuvres de M. Mariotte, Lett. à M. Piquet.

(*b*) P. 386. non solamente il Sig. le Cat abbraccia l' opinione del Sig. Mariotte intorno all' organo immediato della vista; ma la conferma con varie sue esperienze, e con osservazioni tali, che sembrano decidere della quistione.

ta troppo lontana da quella, che ſerviva di punto di viſta fiſſo; perciocchè gli oggetti che ſtavano altresì più lontani ſulla ſiniſtra, beniſſimo ſi ſcorgevano. Queſta Eſperienza reiterata, e rigirata in ogni guiſa ebbe ſempre lo ſteſſo riſultamento; e queſto prova incontraſtabilmente, che le Immagini cadenti preciſamente ſopra la parte midollare del nervo optico non ſono ſenſibili: dal che il Sig. Mariotte conchiude, la retina, ch'è una eſtenſione di detta parte midollare, eſſere inſenſibile, com'eſſo è, e non ſervire ſe non a moderare l'azione della luce, che penetra la ſua teſſitura debole e traſparente prima di toccar la coroide, dove pretende che ſi compiſca la viſione.

Da due coſe dipende la chiarezza della viſione: primieramente dalla quantità de' raggi, che in fondo dell' occhio ſi raccolgono per far ſentire ciaſcun punto viſibile dell' oggetto: ed in ſecondo luogo dal ſito più o men grande, che occupa ſopra la retina, o ſopra la coroide l'immagine di un oggetto dato. Perciocchè quanto più ſi ſtende queſta immagine, tanto più le impreſſioni ſi dividono a differenti parti dell' organo, e tanto meno ciaſcuna di eſſe ne rimane ſcoſſa: Ed ecco il perchè apriamo la pupilla, quanto più noi poſſiamo per leggere la ſcrittura quando il giorno volge all' occaſo, o quando ci troviamo in luogo oſcuro; ed in tal caſo noi guardiamo altresì più da vicino, che non lo richiede l'ordinaria portata della noſtra viſta. Per queſti due mezzi più di luce abbraccia la pupilla; ma l'ultima eſige dalla parte dell'occhio uno sforzo per rimediare alla divergenza troppo grande dei raggi, e queſto sforzo, quando dura, non laſcia mai di ſtancare l'organo.

Quan-

Quanto al grado di chiarezza, che dipende dall' estensione dell' immagine, egli non sarebbe di considerazione veruna, se la luce, che vien da lungi, non soffrisse molto scemamento nel passare a traverso dell' aria, o degli altri corpi diafani: perciocchè se i fastelli di luce vegnenti da un oggetto discosto contengono meno raggi per la loro divergenza, che di più in più gli raresà; d'altra parte l'immagine ch'essi formano nel fondo dell' occhio diminuisce di grandezza a proporzione; le impressioni si condensano, per così dire, a misura che la luce, che le produce, si raresà.

Quando stando in una camera noi guardiamo coloro che passano a traverso delle invetriate, certamente noi gli veggiamo assai meglio, ch' essi non veggono noi: e la cagione di questa differenza si è, che la luce da essi a noi vegnente è assai più di quella, con cui essi ci distinguono: in oltre gli occhi loro dalla gran luce occupati, in cui si trovano, sentir non possono questa più debole, quanto i nostri, che sono riposati, possono sentirne una più forte: gli effetti sono tutti diversi, qualora è notte al di fuori, e noi siamo in un luogo bene illuminato.

Quando un oggetto rapidissimamente si move davanti a' nostri occhi, noi gli attribuiamo sovente una grandezza ed una figura, ch' esso non ha. Un poliedro, che si aggiri sopra del suo asse, ci pare una sfera, come pure un cerchio, che si faccia girare sopra uno de' suoi diametri: i piccioli mulini a vento, che servono di trastullo ai fanciulli, hanno la forma d' un piano circolare; le corde, che sono in vibrazione, si veggono sotto la figura d' un *lozange* molto prolungato. Il carbone ardente che si fa girare rappresenta un cerchio luminoso; i razzi che s' innalzano in aria pajono stri-

ftrifcie di fuoco ec. Tutti quefti effetti dipendono da una medefima cagione, ed eccola. L'oggetto, che fi muove, fi ritrae fucceffivamente fopra differenti fiti nel fondo dell' occhio: quando quefta immagine paffa rapidamente dall' uno all' altro, l'impreffione, ch' effa fece ful primo, ancor fuffifte, quando effa comincia a farfi fentire fopra il fecondo, fopra il terzo, ec. Quindi avviene, che le fucceffive apparenze dell' oggetto in diverfi luoghi ci fembrano quafi legate infieme: così quello, che fi vedrebbe a guifa di un punto, fe fteffe in ripofo, vedefi a guifa d' una linea qualora paffa con certa velocità d' un luogo in un altro; quello, che non ha di vifibile che la fua lunghezza, rapprefenta un piano, ed il femicircolo, che fi aggira attorno al proprio diametro, rapprefenta all' occhio una sfera folida: così abbiam ragione di credere, che quelle ftrifcie di luce, che veggonfi di notte nell' atmosfera, e che dal volgo fi chiamano *ftelle cadenti*, o *che mutano fito*, altro non fieno, fe non globi di vapori infiammati, i quali paffano rapidamente d' un luogo in un altro, ovvero l' infiammazione fucceffiva, ma rapida, di una fimil materia eftefa fecondo una certa direzione.

Accoftandofi l' una palpebra all' altra, come fe fi voleffe chiuder l' occhio, il che ammiccare fi chiama, fe voi guardate direttamente una candela accefa in tempo di notte, voi diftinguerete nelle parti fuperiori ed inferiori della fiamma dei lunghi raggi di luce, fimile a quelli, onde fi fregiano le immagini de' Santi; e fe lentamente abbaffate qualche oftacolo, come farebbe il dito o la mano, avanti all' occhio, voi intercepirete i raggi di fotto; come difpariranno que' di fopra, fe fate rifalire di giù in sù l' oftacolo.

Quefto fatto fi è meritata l' attenzione de' Fifici.

Il

Il Signor de la Hire crede che ciò provenga, perchè i raggi di luce vegnenti dalla fiamma d'alto in basso rifrangansi, e di basso in alto, nell'attraversare un'acqua viscosa, che si raccoglie sull'orlo delle palpebre nel sito in cui toccano la cornea trasparente. Il Signor Briggs, celebre Medico Inglese nella sua Oftalmografia ha creduto quasi lo stesso. Ma il Signor Smith considerando, che i raggi, di cui si tratta, non si presentano sotto diversi colori, come deve intervenire ad una luce rifratta, non approva una tale spiegazione; e giudica doversi questo fatto piuttosto attribuire alle inflessioni, che soffrono i raggi nel passare vicino agli orli della palpebra, sì di sopra, che di sotto.

Due occhi abbiam noi, e nell'ordinario uso che ne facciamo, non vediamo però doppio l'oggetto, quantunque egli sia certo, che la di lui immagine si ritrae ad un tempo e nell'uno e nell'altro. Accade forse questo, come già affermarono illustri Autori, perchè noi non ne facciamo agire più d'uno per volta, e di questi due organi uno sempre stia in riposo: o perchè l'anima non facicia attenzione, che ad una sola delle due immagini? Io non dubito punto, che mi si possano allegare dei casi, ne' quali ciò avviene; ma trattandosi quì di quanto ordinariamente si passa nella visione degli oggetti, io non debbo fondarmi sopra alcuni esempj particolari. Pertanto, se debbo giudicare dell'altrui vista dalla mia, e da quella di molte altre persone da me consultate, gli è certo che si vede con tutti e due gli occhi l'oggetto medesimo, e che le due immagini influiscono sopra la visione, e contribuiscono alla sensazione; perciocchè si vede meglio, e più fortemente con tutti e due gli occhi, che con un solo, la vista si stanca meno, e si giudica più presto e più sicuramente di

ciò

ciò che si mira. Quand' anche vi fossero degli uomini, che nei casi ordinarj non adoperassero che un occhio, non sarebb' egli sempre necessario di spiegare perchè questi tali ciechi non veggano doppio qualora di tutti e due gli occhi si servono? Eccovi in qual maniera la maggior parte degli Optici rispondano a questa quistione.

La membrana, che veste il fondo dell' occhio, o sopra di cui si ritrae l' oggetto (poco rileva in questo luogo che sia la retina, o la coroide), questa membrana, dissi, è un composto di fibre appartenenti al nervo optico; e possiam credere, o per lo meno supporre con molta verosimiglianza, che nei due occhi d' uno stesso individuo, queste membrane d' ordinario si rassomiglino nel numero, nell' ordine, e forse ancora nel grado di elasticità dei filetti nervosi, che le compongono.

Ciò posto, qualora i due occhi verso uno stesso oggetto si diriggono, le immagini cadono tosto nell' uno e nell' altro, su parti simili e corrispondenti al composto, di cui ho detto, e le due sensazioni, che ne risultano, essendo per dir così unisone l' una all' altra, non fanno nascere nell' anima, che una sola e medesima idea, più forte, e più sicura, che per una sola immagine, ma però sempre identica, come il suono che colpisce ambedue gli orecchj, o l' odore che in ambe le nari si riceve.

Quindi ne segue che si deve veder l' oggetto doppio, quando le due immagini cadono nel fondo degli occhi sopra parti non analoghe, o non corrispondenti; e questo in fatti succede, qualora queste parti simili non si trovano rivolte dalla parte dello stesso oggetto, come ciascuno da per sè può sperimentarlo premendo alquato da una parte l' uno degli occhi a fine di rivoltarlo.

La

La direzione dei due *assi optici* (a) verso un medesimo oggetto ci è utile, non solamente perchè e' impedisce di vederlo doppio; ma perchè ci serve altresì a ben giudicare della distanza di esso, quando non è molto lontano. Senza questo soccorso facilmente noi c' ingannino, e può solamente un lungo uso insegnarci a passarsene. Un uomo, che chiude un occhio, o che di fresco è rimasto cieco, non porta sicuramente il dito sopra una picciola moneta posta in distanza di alcuni piedi da lui, come farebbe un altro, che lasciasse agire amendue gli suoi occhi; perchè questo è guidato dall' incrocicchiamento degli assi optici. Se il cacciatore dovesse giudicare della distanza non meno che della direzione della pernice da lui presa di mira, non dovrebbe certamente chiudere un occhio per tirare più sicuramente.

Credesi che un uomo abbia la *vista diritta*, qualora dirigge naturalmente, e senza sforzo gli assi dei due occhi verso l' oggetto, che guarda: e dicesi ch' è *strabita*, o *di vista losca*, qualora uno de' suoi occhi si volge direttamente al suo oggetto, e l' altro nel tempo stesso lo sfugge per diriggersi altrove.

Il Sig. de la Hire, che attese particolarmente ad esaminare i difetti, e gli accidenti della vista, dice per render ragione dello *strabismo*, che l' immagine di un oggetto non si ritrae molto distintamente, se non sopra una certa porzione della retina, ch' egli suppone essere la più sensibile, e nel cui mezzo corrisponde l' estremità dell' asse optico, in un occhio ben conformato;

(a) Chiamansi *asse optica* quella linea, che venendo dal mezzo del fondo dell' occhio passa per i centri del cristallino, e della cornea trasparente, e si prolunga infino all' oggetto.

to; ma che negli occhi loſchi detta parte è più da un lato che dall'altro, coſicchè per farvi cadere le immagini conviene, che l'aſſe optico ſi dirigga diverſamente da quello d'un occhio che ha lo ſguardo diritto.

Contro di queſta ſpiegazione ſi allega dal Sig. Jurin una Eſperienza facile a farſi; e che ſembra ſenza replica; ed è che l'occhio loſco, che ſi torce dall'oggetto, quando l'altro agiſce, non laſcia mai di ritornare direttamente verſo di eſſo, quando ſi chiude l'occhio buono. Se prima ſi torſe di traverſo per preſentare la parte ſenſibile della retina, che male collocata ſi ſuppone, come può egli mai vedere l'oggetto, quando ſi raddrizza, o piuttoſto, perchè ſi raddrizza egli per vederlo?

Il Sig. de Buffon, che dopo il Sig. Jurin ha trattata queſta materia, (a) crede con eſſo lui, che gli ſtrabiti mai non guardino, ſalvo con un occhio ſolo, e ne ricava la ragione da un fatto aſſai cognito: l'occhio deſtro, per eſempio vedrà molto bene gli oggetti più piccioli da 8. pollici di diſtanza inſino a 20., e l'occhio manco forſe da 12. ſino a 24. Ora, dice il Sig. de Buffon, quando queſta diſuguaglianza è grande ad un certo ſegno, i due occhi veder non poſſono inſieme l'oggetto ſteſſo diſtintamente; l'immagine confuſa in uno dei due impediſce, che l'impreſſione, la quale ſi fa più correttamente nell'altro, non ſia così bene ſentita, come lo ſarebbe, ſe foſſe la ſola; e perchè naturalmente ſi proccura di vedere quanto meglio ſi può, quindi la perſona, che ha queſto difetto, contrae l'abito di torcere l'occhio, fuori della cui portata ſi trova l'oggeto, per non laſciar

(a) Mem. dell'Accad. delle Sc. 1743. p. 231.

ſciar agire ſe non ſolo quello, che può chiaramente diſtinguerlo.

Queſta ſpiegazione è veramente ingegnoſiſſima; pure non è ſenza difficoltà. Il Sig. de Buffon varie ne previde, che gli ſi potevano opporre, ed alle quali egli riſponde con eſperienze; e raziocinj plauſibili: aggiunge in oltre, che lo ſtrabiſmo ben potrebbe altre cagioni avere, che la da lui indicata; ma crede, che queſta ſia la più comune, e la principale.

L'occhio è ſoggetto a varie malattie; ma una delle maggiori ſi è, quando il criſtallino diviene opaco, o totalmente, o in parte; ed è quello che ſi chiama *cataratta*. Quando queſta opacità è ben deciſa, altro rimedio non vi è, che di tagliare tal parte dell'occhio, e ſupplirvi coll'uſo d'un occhiale proprio per queſto difetto. Due ſono i modi di levar via il criſtallino: il più antico, e che per lo più tuttavia ſi pratica, ſi è di fare un picciol buco nella cornea opaca per introdurvi una ſpezie di ago, con cui ſi ſtacca il criſtallino dai ligamenti cigliari per farlo cadere nella parte inferiore del globo dell'occhio, e al di ſotto della pupilla. Il ſecondo modo, ch' è più moderno, e che ho veduto praticarſi con gran deſtrezza e felicità dal Sig. Daviel, che per queſta operazione ſi reſe celebre, ſi è di tagliare colle forbici la cornea traſparente nei due terzi della ſua circonferenza, e di cavar fuori dall'occhio il criſtallino tutto intero: gli orli della cornea ſi ricongiungono poſcia alla ſclerotica, e l'umor acquoſo ſi ripara; nè ci vogliono più di 8. o 10. giorni.

In qualunque modo che il criſtallino divenuto opaco ſi ſopprima, colui che aveva per tale accidente perduta la viſta, la racquiſta: il globo dell'

occhio rimanendo del tutto riempito dai due umori acquoſo e vitreo, i raggi di luce, che più non trovano oſtacolo, ſopra la retina ſi raccolgono, ma imperfettamente, perchè loro manca il grado di rifrazione, che d'ordinario ricevono nel criſtallino: vi ſi ſupplice coll'uſo d'un vetro conveſſo, che ſi tiene avanti l'occhiò, come più particolarmente dirò diſcorrendo degli occhiali proprj per gli presbiti.

Un altro accidente della viſta ſi è, quando la bile abbondantemente ſi meſcola coll'umore acquoſo, allora tutti gli oggetti pajono gialli, perchè la luce, che mandano verſo degli occhi, che hanno queſta malattia, ſi ſcompone, come ſe paſſaſſe per un vetro giallo, e quaſi più non vi rimangono, che i raggi di tal colore, i quali nel fondo dell' organo ritraggano le immagini. Si ſono trovati alcuni, che dopo una malattia, o qualche grave accidente vedevano roſſo, verde, turchino, quanto loro ſi parava dinanzi; e ſi può credere, che gli umori de'loro occhi aveſſero ricevuta qualche tinta di detti colori.

Di notte tempo, ſe ſi fregano in certo modo gli occhi, o ſe ſi riceve un colpo alquanto grave, egli accade ſpeſſo, che ſi crede vedere certi tratti di luce, o groſſe ſcintille: e d'onde mai poſſono procedere tali apparenze nell'oſcurità; anzi pure quando ſtiamo cogli occhi ben chiuſi? Certo non poſſiamo attribuirle ad altro, che allo ſcuotimento dell' organo, o ſi faccia queſto immediatamente per l'urto del corpo ſtraniero, che frega, o urta eſteriormente, o perchè la commozione eſteriore comunicandoſi animi la materia della luce, che riſiede nelle più picciole parti dell' organo non meno che altrove; e per tal mezzo le fibre nervoſe ſi pongano in giuoco, come ſi porrebbono

per

per l'azione di una luce, che venisse di fuori.

Le nostre sensazioni nascono dalle impressioni, che si fanno sopra certe parti del nostro corpo. Se questa o quell'altra impressione può farsi per diversi; mezzi, la medesima sensazione può aver luogo per cagioni diverse; e noi ne abbiamo degli esempj negli altri sensi. Quel tintinnio, che talvolta sentiamo negli orecchi, non rassomiglia forse à certi suoni, che di fuori a noi pervengono ordinariamente? E perchè mai paragoniamo i dolori acuti cagionati da una colica a quelli, che fa sentire una punta, o un tagliente, se non perchè gli uni e gli altri simili ci pajono? Le faville adunque, che noi vediamo all'oscuro, ci danno tutto il motivo di credere, che il fondo dell'occhio sia allora affetto, come lo sarebbe da una luce, che di fuori venisse.

Dopo di avere parlato degli effetti della luce in generale, rispetto alla visione, mi rimane a dir qualche cosa intorno alla maniera, con cui distinguiamo il colore di ciascun oggetto.

I colori nel senso della vista considerati altro non sono, che le particolari idee, che nascono o si destano in noi per via delle impressioni, che sull'organo si fanno, dalle differenti spezie di luce, che ho fatto conoscere nel primo Articolo della Sessione, o sia ch'esse agiscano separatamente le une dalle altre, o sia ch' esse si combinino molte insieme.

Si può a buona equità supporre, che ciascuna di queste luci differisca dalle altre per la grandezza, la figura, e l'elasticità delle sue parti, o per la spezie di movimento, che le anima. Come sperimentiamo per l'uso degli altri nostri sensi (quali sarebbero per esempio il gusto, l'odorato ec.) che queste qualità servono non solo a farci senti-

re gli oggetti, che dotati ne ſono, ma eziandio a farceli diſtinguere gli uni dagli altri; noi dobbiam credere, che i raggi a noi vegnenti da una ſuperficie colorita di vermiglio, a cagion d'eſempio, tocchino il fondo dell' occhio in una certa guiſa, che ſempre ſi ripeta nelle circoſtanze medeſime; e noi eſprimiamo quello, che detta ſuperficie ci fa ſentire, dicendo ch' eſſa è *roſſa*; eſpreſſione arbitraria nel ſuo principio, ma fiſſata dall' uſo, e dalla convenzione. Lo ſteſſo dicaſi di tutti gli altri colori ſemplici: io dico, che la tintura di zafferano è gialla, che l'erba è verde, che il Cielo è azzurro ec. perchè la luce omogenea, per cui diſtinguo ciaſcuno di queſti oggetti, eccita ſempre in me lo ſteſſo ſentimento, e fin dalla mia più tenera età ho imparato dagli altri uomini ad eſprimerlo con uno dei detti termini.

Ma ſe ciaſcuna ſpezie di luce ha la proprietà di far naſcere una particolare ſenſazione, è da preſumerſi, che ſe molte inſieme agiranno ſopra lo ſteſſo organo, vi produranno una ſenſazione miſta, per cui ſarà neceſſaria una nuova eſpreſſione, come accade ai ſapori, ed agli odori, che variano in infinito, per la combinazione degli oggetti, che appartengono a ciaſcuno di queſti due ſenſi. Quindi ſono venuti i nomi ſeguenti, *bigio*, *bruno*, *celadone*, *caſtagno*, ec. per eſprimere quel che ſi ſente quando un oggetto ſi fa vedere per un miſcuglio di luci di ſpezie diverſe.

Queſte idee di colori, che in noi ſi deſtano per via di luci ſemplici o compoſte, che a noi vengono dagli eſteriori oggetti, ſi riſvegliano, o ſuſſiſtono egualmente, ed indipendentemente da queſte cagioni, purchè l'organo riceva, o conſervi per qualſivoglia mezzo una impreſſione ſimile a quel-

quella, che per lo più gli fa nascere: e perciò egli avviene, ch' essendosi fissata la vista per un certo tempo sopra qualche colore molto vivo, si continua per l'ordinario a vederlo, quantunque si chiudano gli occhi.

Supponiamo ora, che si sia mirato un oggetto, il cui colore sia composto, e che le differenti spezie di luce, ch' entrano in tale composizione, producano sul fondo dell' occhio delle impressioni più durevoli le une delle altre; non solamente si deve continuare di vedere l' oggetto dopo chiusi gli occhi, ma l' immagine, che ne rimane, deve comparire successivamente sotto diversi colori. Quasi lo stesso si pruova ogni qualvolta si chiudono gli occhi, o si entra in qualche oscuro luogo dopo di avere mirato fissamente il Sol, che tramonta: vedesi successivamente sopra il disco del Sole, che rimane fitto nell' immaginazione, del bianco, del giallo, del rosso, del verde, dell' azzurro, o del pagonazzo, e finalmente del nero, quasi nell' ordine stesso de' colori prismatici, e qualche volta pure senz' ordine, ed in più volte, secondochè gli scuotimenti del nervo optico più o men presto s' indeboliscono.

Questi colori, e tutti quelli, che nascono, si conservano, o variano così, senza la presenza de' corpi coloriti, chiamasi *accidentali*. Fra gli Autori, che ne fecero menzione, niuno, che io mi sappia, gli ha meglio studiati del Sig. de Buffon. (*a*) Egli osservò in detti colori una certa corrispondenza sistematica con quelli, che *reali* si appellano, e di cui si ridestano in noi le idee dagli oggetti esteriori. Osserva egli, per esempio, che il rosso produce il verde, che al giallo succede il

 cele-

(*a*) Memorie dell' Accademia delle Scienze 1743. pag. 147. e seg.

celeste, che i colori accidentali coi reali mescolati producono gli stessi fenomeni, che questi ultimi mescolati con altri della natura stessa producono. Queste esservazioni fondate sono sopra esperienze curiose, che io debbo quì tralasciare di riferire in diffuso, comecchè riuscir possano senza dubbio aggradevoli a chiunque ha del gusto per tali sorti di ricerche. Chi però volesse levarsi questa curiosità potrà leggerle nella Memoria ultimamente citata.

Vi s' incontra, per esempio, l' esposizione d' un fatto, che sembra a prima giunta assai singolare: ed è ,, che le ombre dei corpi, le quali ,, deono per loro essenza esser nere, poichè al- ,, tro non sono che la privazione della luce, ,, sono sempre colorite al levare, ed al tramon- ,, tar del Sole. Io non so, soggiugne il Sig. de ,, Buffon, che alcuno Astronomo, che alcun Fi- ,, sico, o altra persona abbia mai parlato di que- ,, sto fenomeno: ho creduto che col favore del- ,, la novità si permetterebbe di dare il somma- ,, rio di una tale osservazione ,,.

In tutte quante le scienze, ma più in Fisica vi sono certe scoperte, le quali vanno in dimenticanza, anzi si perdono, e poscia rivengono alcuni Secoli dopo. Dobbiamo noi forse perciò esserne meno tenuti a coloro, che ce le rendono?

Questo fatto 250. anni sono era noto: e si ritrova molto bene espresso del libro d' un dotto e valente Pittore Italiano (*a*), che morì a Fontanablò

(*a*) Leonardo da Vinci. Il libro di cui parlo, è intitolato: *Trattato della Pittura*. Fu impresso per la prima volta in Parigi nel 1651. in Francese ed in Italiano; se ne fece poscia un' edizione Francese in 12. nel 1716. Quest' opera è molto istruttiva non solo per i Pittori, ma per i Fisici ancora.

blò fra le braccia di uno de' noſtri Monarchi (*a*) Leggeſi nel titolo del 328. Capitolo: *Perchè ſulla fine del giorno le ombre dei corpi prodotte ſopra un muro bianco ſieno di color celeſte*; e ſpiegarſi queſto fenomeno con ragioni aſſai plauſibili. Ecco le ſteſſe ſue parole:

„ Le ombre dei corpi, dic' egli, che vengono
„ dal roſſo del Sole, che tramonta, ed è vicino all'
„ orizzonte, ſaranno ſempre azzurre; e queſto così
„ avviene perchè la ſuperficie di ogni corpo opa-
„ co partecipa del calore di quel corpo, che lo
„ illumina: adunque la bianchezza del muro eſ-
„ ſendo affatto priva di colore, piglia la tinta del
„ ſuo oggetto, cioè del Sole e del Cielo; e per-
„ chè il Sole verſo la ſera è d' un colorito roſſic-
„ cio, ed il Cielo ſembra d' azzurrino, ed i luo-
„ ghi, ne' quali ritrovaſi l' ombra, veduti non
„ ſono dal Sole (poſciachè neſſun corpo luminoſo
„ ha mai veduta l' ombra del corpo da eſſo illu-
„ minato) come i luoghi di detto muro, dove
„ non giugne il Sole, veduti ſono dal Cielo, l'
„ ombra derivata dal Cielo, che ſarà il ſuo get-
„ to ſopra il muro, ſarà di colore azzurro, ed
„ il campo di detta ombra eſſendo illuminato dal
„ Sole, che ha un colore roſſoccio, parteciperà
„ di queſto color roſſo „.

Cioè il muro bianco ſenſibilmente ſi tinge della luce azzurrina del Cielo, e queſto colore non comparе ſe non nel ſito dell' ombra, perchè in ogni altro luogo eſſo viene illuminato da una più forte luce, che impediſce al celeſte di comparire: baſta per queſto che debole ſia l' ombra, e di queſta condizione ſi può eſſer certo, quando il Sole non ſi è molto alzato ſopra l' Orizzonte.

Da quanto diſſi di ſopra circa la viſione ſi è po-

(*a*) Franceſco I. Re di Francia.

tuto comprendere, come la luce in generale, passando per gli umori dell'occhio, si modifichi in guisa da delineare perfettamente sopra il fondo di detto organo le immagini degli oggetti, che a noi la trasmettono. Ho fatto altresì intendere, come le immagini ci rappresentino i colori naturali di questi oggetti medesimi, essendo ritratte e delineate non già con una qualunque luce, ma con raggi omogenei, soli, o combinati insieme. Ora mi si potrebbe domandare, per qual mezzo vediamo noi ciò, ch'è nero; poichè secondo ciò, che si è detto nella Sessione terza, dai corpi di tal colore non vien luce di veruna sorte?

Merita senza dubbio una risposta questa quistione: ma non poco mi spiace, che quella che io produrrò, sia per parer forse un paradosso a quelli de' miei Lettori, che non vi rifletteranno alquanto sopra.

Qualora guardiamo un corpo nero, noi non veggiamo già esso corpo, ma bensì le superficie rischiarite o luminose, che lo circondano, e gli servono quasi di campo: la luce da esse tramandata fa impressione sopra tutto il fondo dell'occhio, fuorchè nel sito a cui corrisponde l'oggetto, che abbiamo in vista. Questo sito dell'organo, che non riceve punto di luce, viene circoscritto, o terminato secondo la figura del corpo nero, ch'è cagione di tale privazione; e per questo mezzo noi giudichiamo della grandezza, della forma, della situazione, della natura di questo. Così se leggiamo un libro, non sono già le lettere impresse coll'inchiostro, quelle che facciano impressione sopra i nostri occhi, ma la bianchezza della carta, che fra loro si trova; poichè da essa solamente si tramanda della luce, e non distinguiamo i caratteri, se non per i difetti di sensazione da loro prodotti.

Ma

Ma se ciò fosse, dirà taluno, tutti li corpi neri ci parrebbono quasi semplici macchie, od ombre; eppure ognun sa per propria esperienza, che non si vede in questa guisa un uomo abbigliato di nero, nè un animale dello stesso colore, anzi se ne distinguono tutte le parti co' loro rilievi.

Questo avviene perchè detti oggetti non sono perfettamente neri, come si suppongono: le parti più rilevate, e più esposte si distaccano dalle altre per via di colori più o meno chiari, e di riflessi di luce che ne fanno sentire i contorni, il ritondo ec. Il che talmente è vero, che un Pittore, il quale intraprenda di rappresentargli in un quadro, non ne può venir a capo, se non adoperando del bianco, ed altri colori capaci di riflettere la luce; e se questi corpi non sono illuminati dalla parte, da cui non gli guardiamo, noi gli vediamo allora come verissime ombre.

ARTICOLO SECONDO.

Della Visione ajutata dagl' istromenti di Optica.

La visione naturale, quando l'organo si trova nella sua maggior forza, e nel più perfetto suo stato, è soggetta a certe condizioni, e da certi limiti circoscritta; se l'oggetto non si discopre a segno, che si possa da esso infino a noi tirare una linea retta senza ostacolo veruno, noi certo non lo veggiamo; e quand' anche fosse sufficientemente esposto al nostro sguardo, s'egli è troppo discosto, o troppo picciolo, egli ci sfuggirà; e peggio è ancora, se l'occhio indebolito, o mal conformato si trova; perciocchè lo incomodano assai più la picciolezza, e la distanza del corpo.

Questi inconvenienti furono gran tempo senza rimedio; ma finalmente il caso da una parte, e l'industria illuminata e sostenuta dall'esperienza dall'

dall' altra ce ne liberarono in qualche modo. Col soccorso degli specchj, e dei vetri in certa guisa tagliati noi possiamo distinguere ciò, che si nasconde al nostro sguardo diretto, discopriamo nel seno della natura degli enti, che si sarebbero per sempre creduti impersettibili; gli oggetti troppo lontani si avvicinano, per dir così, e si lasciano distintamente vedere; la vista de' vecchi già mezzo estinta risorge, quella ch' è troppo corta diventa più estesa; finalmente quando si è soddisfatto a' nostri bisogni, i mezzi stessi ci forniscono passatempi degnissimi della nostra curiosità.

Intorno a questi vantaggi si aggirerà per l' appunto il presente Articolo. Io però non ci voglio entrare, se non come ho fatto per tutte le preparazioni, che servirono alle nostre esperienze, e mi ristringerò a far conoscere in generale, come si produca questo o quell' effetto, riserbando una più esatta e più circostanziata descrizione dei mezzi per l' opera, di cui feci più volte menzione, nella quale mi son proposto di trattar *ex professo* della costruzione, e dell' uso di tutti gl' istrumenti di Fisica. Siccome poi io non parlo quì di quelli, che concernono l' Optica, se non perchè ajutano, o perfezionano la visione, così non gli distribuirò in classi, ma ne parlerò piuttosto secondo l' ordine della loro invenzione, e per conseguenza comincierò dai più semplici.

Occhiali, de' quali ci serviamo per leggere.

Il difetto della vista più comune, e quasi inevitabile in una certa età, si è di non potere più comprendere distintamente i piccioli oggetti, alla distanza di 8. o 10. pollici, come si fa ordinariamente in gioventù: conviene necessariamente guardare più di lontano, e quando una tale lontananza

za divenuta indiſpenſabile ſi accreſce ad un certo ſegno, non ſolamente è incomodo, ma ancora non è quaſi più di neſſuno rimedio, perchè i piccioli oggetti poſti in molta diſtanza dall' occhio ſottotendono degli angoli troppo piccioli, o, che è lo ſteſſo, la loro immagine occupa troppo poco ſito nel fondo dell' organo per farvi una ſufficiente impreſſione.

Gli uomini, che vivevano cinque o più Secoli fa, perdevano così la viſta loro aſſai prima di morire, e per molti anni ſi trovavano ridotti a non veder più, che i grandi oggetti, ed anche imperfettamente: ma finalmente verſo l'anno 1300. ſi fece una fortunata applicazione della proprietà, che i vetri conveſſi hanno di ampliare l'immagine degli oggetti; proprietà conoſciuta 200. anni prima (*a*), benchè alcun vantaggio non ſe ne foſſe ricavato giammai. Credeſi con molta probabilità, che Bacone Franceſcano di Oxford abbia più di alcun altro a queſta importantiſſima invenzione cooperato (*b*). Checchè ſia di ciò, ſi hanno certiſſime prove, che ſul principio del Secolo XIV.

(*a*) Alhazen, il quale viveva circa l'anno 1200. dice chiaramente nella ſua Opt. Lib. 6. Cap. 48. che ſe un oggetto è applicato alla baſe di un gran ſegmento di sfera di vetro, comparirà più grande.

(*b*) Eccovi le parole ſteſſe di queſt' Autore. " Si „ homo aſpiciat litteras & alias res minutas per me„ dium criſtalli, vel vitri, vel alterius perſpicui „ ſuppoſiti literis, & ſit portio minor ſpheræ, cu„ jus convexitas ſit verſus oculum, & oculus ſit in „ aere, longe melius videbit literas, & apparebunt „ ei majores ... & ideo hoc inſtrumentum eſt utile „ ſenibus & habentibus oculos debiles „. Ora queſto Frate morì nel 1292. Tuttavia il Sig. Smith pro-

XIV. era assai comune l' uso degl' occhiali, e che nuova n' era la invenzione (*a*).

Io credo di avere sufficientemente fatto conoscere nell' Articolo precedente, cosa manchi alla vista de' presbiti, o de' vecchi, per la visione distinta, ed in qual modo vi supplischino, quando il difetto non è troppo grande. Mi rimane ora da spiegare, in qual modo l' uso degli occhiali venga al soccorso della natura, quando vani ed inutili riescono tutti li di lei sforzi: il che farò brevemente.

Queste sorti di viste sono difettose, perchè gli umori dell' occhio non hanno sufficiente convessità, o perchè mutando natura per successione di tempi, essi perdettero una parte del loro potere rifrattivo: i raggi, che vengono da un oggetto posto in distanza di 8. o 10. pollici, sono troppo divergenti per piegarvisi quanto converrebbe; toccano essi il fondo dell' organo prima di raccogliersi, e quindi ne nasce una visione confusa, secondochè abbiam detto precedentemente. A questo cat-
[illegible] tivo

prova benissimo da quanto vien dopo ai frammenti da me citati, che il suddetto Autore non fu veramente l' inventore degli occhiali: ma non si può negar però, ch' egli non abbia messo in sulla buona strada coloro, che letto avevano la sua opera.

(*a*) Si allega un MS. del 1299. della Biblioteca del Sig. Redi, in cui si legge così. *Mi trovo così gravoso di anni, che non arei volenza di leggere, e scrivere senza vetri appellati okiali, trovali novellamente per comodità delli poveri veki, quando affiebolano del vedere*. Bernardo Gordon, Medico di Mompellieri, che fioriva verso il 1305. nel suo *Lilium Medicinæ*, dice, raccomandando un certo collirio da lui creduto molto giovevole: *Et est tantæ virtutis, quod decrepitum faceret legere literas minutas absque ocularibus*.

tivo effetto ſi rimedia con mettere tra l'occhio e l'oggetto un vetro d'una certa conveſſità, la cui proprietà ſi è, com'è noto, (*a*) di rendere tali raggi, o meno divergenti, o paralleli, o anche convergenti. Così proporzionando la conveſſità del vetro al difetto dell'occhio ſi diſpongono in tal guiſa i raggi incidenti, che l'organo, benchè debole, pure ſi trova in iſtato di riunirgli giuſtamente ſopra la retina, e l'immagine diviene chiara.

Gli occhiali poſti dai vecchi ſopra il naſo ſono adunque compoſti di due vetri alquanto conveſſi d'ambe le parti, o da una ſola di eſſe fanno vedere più diſtintamente, per le ragioni da me dedotte poc'anzi, e più chiaramente, perchè diminuendo la divergenza dei raggi incidenti ne fanno entrare un maggior numero nella pupilla: ſi chiamano *binocoli*, perchè ſervono ad un tempo ad amendue gli occhi, nel che ſono di maggiore utilità, che quelli, che hanno un vetro ſolo, e ſi chiamano *lorgnette*, o *monocoli*: imperciocchè l'azione ſimultanea dei due occhi rende più forte, e più comoda la viſione.

Comecchè il buon effetto degli occhiali per coloro, che ne hanno di biſogno, proviene dal mutar eſſi in lor favore la diſpoſizione dei raggi incidenti, eſſi non poſſono che nuocere alle viſte, alle quali conviene la natural divergenza di detti raggi: ed ecco la ragione, per cui i giovani, che vedono beniſſimo ſenza occhiali, non diſtinguono più cos'alcuna, quando ſe ne vogliono valere. Que' medeſimi, ai quali eſſi ſervono per guardare da vicino, gli trovano poi d'un cattivo uſo per guardar in lontano, perchè i raggi incidenti eſſendo allora quaſi paralleli per la molta lontananza dell'oggetto, diventano convergenti paſſando per gli oc-

(*a*) Pag. ... IV. Riſultato.

occhiali, il che dà luogo all'occhio di riunirgli troppo presto, e prima che sieno alla retina pervenuti.

L'uso degli occhiali annunzia d'ordinario il principio della vecchiezza: l'amor proprio per quanto gli è possibile vorrebbe tenerne nascosto il bisogno, che ne abbiamo; quindi è, che per non impaurirci ne vengono dati da principio sotto nome di *conserve*. Ma se bene si attende, queste conserve sono occhiali, come quelli dei vecchj, se non che sono alquanto meno convessi: se affatto non lo sono, come si vorrebbe farvi credere, eglino vi sono inutili, non essendo buoni ad altro, se non nel caso, che il fondo dell'occhio fosse così sensibile, che si dovesse necessariamente moderare la luce veggente dagli oggetti guardati: allora potrebbon adoperare degli occhiali composti di vetri piani, e d'un colore alquanto verde.

Essendo fissata la distanza, a cui conviene porre gli oggetti per vederli distintamente, si può determinare il grado di convessità, che aver devono i vetri degli occhiali, per renderne la visione distinta ad 8. o 10. pollici, come essa è per le viste ordinarie: basta per questo sottomettere i raggi incidenti alle leggi della rifrazione da noi stabilite nella Dioptrica, avendo riguardo ai diversi gradi di rifrangenza degli umori dell'occhio umano, ed alle loro figure: ma il più semplice e più comodo spediente si è poi quello di entrare, qualora si può, nelle botteghe di que' mercatanti, che vendono tali strumenti, e scegliere fra tutti quello, con cui meglio si vede.

Un altro diffetto della vista del tutto contrario all'anzidetto, si è quello di non poter distinguere gli oggetti, se non molto da presso; già ne dissi la cagione parlando de' miopi nell'articolo prece-

den-

dente; e prego perciò il lettore di volerſela ridurre a mente. Qualora queſte ſorti di viſte ſono corte così, che non baſta accoſtare i piccioli oggetti a 5. o 6. pollici dagli occhi, egli è uno dei gravi incomodi, ſi rimane mezzo cieco, perchè quaſi nulla più ſi diſtingue di quanto occorre a 5. o 6. paſſi; e per eſaminare ciò, che ſi tiene in mano, non ſi può adoperare che un occhio ſolo per volta, perchè gli aſſi optici non ſi poſſono più riunire ſopra di un medeſimo punto, quando l' angolo, che formano tra loro, dev' eſſere di 60. gradi maggiore: ſi aggiunga in oltre, che quando così da preſſo ſi guarda, egli è difficiliſſimo, che l' oggetto ſia ſufficientemente illuminato.

Egli ſi rende adunque un gran ſerviglio a coloro, che hanno la viſta troppo corta, con procurar loro il mezzo di ben vedere più lontano; il che ſi fa appunto con mettere innanzi agli occhi loro un vetro concavo, che ha la proprietà di rendere divergenti li raggi che tali non ſono, e accreſcere la divergenza di quelli, che non ne hanno abbaſtanza (*a*). Imperciochè venendo il difetto di tali ſorti di viſte, come ſi è detto, dal raccoglierſi i raggi troppo fortemente negli umori dell' occhio rifratti, prima di giungere alla retina, ſi porta infallibilmente queſta riunione più lungi, accreſcendo la divergenza dei raggi incidenti: non ſi tratta ſe non di proporzionare la concavità del vetro all' eccesſo di conveſſità, che fa il difetto dell' organo. E queſto può eziandio colle regole della Dioptrica determinarſi; ma nella pratica egli è più ſpediente lo ſcegliere fra molti vetri di queſta ſpezie quello, che fa veder meglio.

Coloro, che di vetri concavi ſi vagliono, veggono gli oggetti più piccioli, che colla ſemplice viſta,

(*a*) Pag. ... IV. Riſultato.

vista, ma gli vedono chiaramente, e da maggiori distanze. Dicesi comunemente, che le viste corte durano assai più delle altre: se ciò è altrettanto vero, quanto è lusinghevole, se ne può render ragione con dire, che siccome gli occhi de' miopi peccano per troppa convessità, se diventano invecchiando più piatti, essi non devono così presto, come gli altri, giugnere al contrario eccesso. Quel ch'è certo si è, che chi ha la vista corta scrive, ed ama di leggere i piccioli caratteri. Non riguardo però questo come un contrassegno d'una vista migliore; anzi credo piuttosto, che ciò provenga dal discoprirne essi di più in un solo colpo d'occhio.

Si possono far vedere sensibilissimamente gli effetti degli occhiali sì convessi, che concavi, col mezzo di una curiosissima Esperienza. Si pigli quell'occhio artificiale, di cui mi valsi nella Esperienza dell'Articolo precedente, e che viene rappresentato dalla *Fig. 3.* Si avanzi un poco il picciol cannello portante la lente di vetro, ed allor si vedrà, che le immagini degli oggetti saranno confusissime sopra la carta unta d'oglio. Questo appunto si è il caso di una vista corta, o d'un occhio troppo convesso, che raccoglie i raggi primachè alla retina sieno pervenuti: si presenti innanzi al cannello un vetro concavo alquanto, e vedrassi tosto l'immagine, che prima era confusa, diventare distinta.

Si faccia poscia l'opposto: si faccia rientrar il cannello più di quello, ch'è necessario per rappresentare la visione naturale: ecco il caso dell'occhio presbita, che non può rifrangere sufficientemente i raggi per unirgli sopra la retina: quindi l'immagine sarà tuttavia confusissima sopra la carta unta d'oglio; ma diverrà poi chiara e distinta, tostocchè si metterà innanzi al cannello

l'oc-

l'occhiale di un vecchio, cioè un vetro alquanto convesso (*a*).

Camera oscura.

Dopo l'occhio artificiale, di cui ho parlato ora per la seconda volta, nulla meglio rappresenta gli effetti della visione di quanto si passa in una camera ben oscura, in cui non entri luce alcuna, salvo da un buco d'un pollice in circa di diametro, nella finestra praticato. Un Fisico del Secolo XVI. (*b*) fu il primo ad osservare, che gli oggetti del di fuori disegnavansi come ombre sopra il muro, ed il soffitto della camera: questo effetto lo riempì di maraviglia, vi studiò sopra attentamente, lo perfezionò, e fin d'allora insegnò i mezzi di rendere più distinta questa rappresentazione, con mettere al buco della finestra un vetro lenticolare, il cui foco sia alla distanza del muro, che si trova in fondo della camera o di un cartone bianco, che più si accosta.

Si è poscia resa portatile quest' esperienza, adoperando in vece di camera una cassa, di cui in infinite maniere si è variata la grandezza, la forma, la disposizione, ritenendo però sempre quanto vi ha di essenziale, cioè un vetro lenticolare, avente il suo foco sopra un fondo bianco, collocato in un luogo oscuro. Supponete, per esempio, una cassa alquanto più lunga che larga, come ABCD,

 Fig. 5.

(*a*) Per fare questa esperienza sicuramente, conviene aver segnato prima sopra il cannello i gradi di rientramento, che deve avere, secondo la maggiore o minore conversità, e concavità dei vetri, che si deono collocare innanzi.

(*b*) Gio: Batista Porta nella sua Magia Naturale impressa nel 1560.

Fig. 5. (*a*), guernita di un cannello E fitto in uno de' ſuoi piccioli lati, per ricevere un altro cannello mobile F, che tiene un vetro lenticolare, il cui foco è alla diſtanza del fondo AC. Si vede, che dai raggi, che ſi attraverſano paſſando nel vetro F, l'oggetto ſi dipigne roveſciato nel fondo della caſſa non meno, che ſul muro della camera, di cui ho prima parlato; e ſe ne giudicherà anche meglio, ſe il fondo AC, in vece di eſſere di legno, ſarà di un pezzo di criſtallo impulito, o formato di un telajo guernito di carta unta d'oglio.

Se ſi vuole far vedere l'oggetto diritto a qualcuno, che aveſſe l'occhio ſituato in A, convien collocare nella caſſa uno ſpecchio, che abbia una inclinazione di 45 gradi, come AG, e che la metà del coperchio poſſa aprirſi, come HIKL. Allora, ſe ſi mette il criſtallo impulito, o il telajo, di cui diſſi, ſopra la parte ſcoperta AKL, i raggi rifleſſi dallo ſpecchio vi porteranno l'immagine dell'oggetto, in una ſituazione diritta per lo Spettatore, che avrà l'occhio in A.

Egli è neceſſario, che la parte del coperchio, che ſi alza, porti ſeco due laterali, H *m*, e l'altro ſuo ſimile attaccato al lato IL, perchè il piano, che riceve l'immagine, ſi mantenga oſcuro. E perchè i raggi di luce, che vengono da un oggetto diſcoſto, ſono meno divergenti di quelli, che vengono da una minor lontananza, conviene avanzare, o tirar indietro il cannello mobile E, ſecondo la diſtanza degli oggetti, che veder ſi vogliono, per averne le immagini ben diſtinte.

Le camere nere, o ſcure, che ſi fanno così per mez-

(*a*) Nella Figura ſi è laſciata aperta la metà di uno dei lati grandi, per far meglio intendere gli effetti, che dentro ſi producono.

mezzo di casse, o si scompongono esse, o no; non sono così portatili, come si desidererebbe, o veramente non ci fanno vedere, che assai picciole immagini; perciocchè se il foco del vetro è lungo, la cassa dev' essere grande a proporzione. Sono oramai 25 anni, che ne immaginai una leggerissima, il cui vetro può avere 30 pollici di foco, ed anche più. Si è questa una piramide quadrata, formata da quattro sbarre di legno A, B, C, D, *Fig. 6.* unite in alto in un recipiente della stessa materia E F, e di sotto congiunte ai quattro angoli d' un telajo G H I K. Tutto questo è fatto a commessura; e ciascun lato del telajo si rompe altresì nella sua metà, cosicchè aprendo quattro uncinetti per lasciare giuocare liberamente le commessure G, H, I, K, gli ascendenti si piegano e si uniscono, come le balene di un paracqua; ed a lato di essi, le traverse formanti il telajo.

Il recipiente E F è bucato da parte a parte, perchè possa ricevere un cannello di cartone L, guernito di un vetro obbiettivo, che ha il suo foco alla base della piramide. La parte L più piccola del rimanente riceve un altro recipiente MN, che sopra vi si girá liberamente, e che porta alla sua circonferenza due piccioli cannelli di rame N, *n*, fessi nella loro lunghezza per fare ordigno.

In questi cannelli sdrucciolano di sù in giù due piccioli ascendenti di metallo, portanti una specie di coperchio, O, nel fondo di cui sta aggiustato uno specchio piano: Si sono fitti all' intorno di questo coperchio due perni diametralmente opposti, i quali girano con un poco di fregamento in due buchi praticati alle estremità degli ascendenti, che perciò sono appianati, come la testa di un compasso. Quando si è congiunto il secondo recipien-

te MN al primo EF, si può dunque, senza muovere la piramide, girare lo specchio verso differenti punti dell'orizzonte, ed inclinarlo quanto si vuole, per cercare gli oggetti, che si vogliono vedere. E quando il coperchio è del tutto calato, forma con i due recipienti una spezie di cassa, che termina la piramide, e racchiude lo specchio, ed il vetro, che sono i due pezzi più casuali dello istrumento. Si cuoprono di grosso panno verde foderato di taffetà nero tre interi lati della macchina, ed una parte AEB del quarto: in AB, e nelle parti inferiori dei due ascendenti si attacca una cortina di qualche stoffa nera alquanto spessa, di cui uno possa coprirsi le spalle e la testa. Conviene altresì che il panno degli altri tre lati avanzi di 2 o 3 dita di sotto.

Per far uso di questa macchina convien collocarla sopra una tavola ben diritta, e coperta di un gran foglio di carta bianca, in un luogo oscuro, ed alquanto elevato: Si sceglie il tempo che gli oggetti sono bene illuminati, e si siede colle spalle volte verso di essi, avanzando alquanto la testa sotto la cortina, ed avvertendo che non entri altra luce, fuori di quella, che viene per l'oggettivo. Veggasi la Fig. 7. Piegata la macchina, il panno e la cortina si ravvolgono intorno agli ascendenti, e si mette il tutto in un sacco di tela lungo e stretto: il che la rende atta ad essere con facilità trasportata.

Riguardando solamente la Fig. 6. si vede, che i raggi di luce vegnenti dai differenti punti dell' oggetto, vanno a colpir nello specchio, e dopo essersi attraversati nell' oggettivo, vanno a disegnare l' immagine sopra la tavola, in positura diritta per la persona, che guarda dal lato AB della piramide. Questa spezie di camera nera potrebbe

be servire per vedere ciò, che si passa fuori di una piazza assediata, senza esporre il capo; perchè si può collocare dietro un bastione la tavola, su cui si pone, e la parte, che sostiene lo specchio, può sopravanzarlo.

Polemoscopj.

Così chiamansi questi stromenti sì di Dioptrica, sì di Catoptrica, per mezzo dei quali si può vedere senza esser veduto. La parte principale è per lo più uno specchio inclinato, che rimanda l'immagine dell'oggetto allo Spettatore che non può vederlo in retta linea. Un uomo sedentario e curioso, nel fondo della sua camera, e senz'abbandonare il suo tavolino; un ammalato affiso sul letto; si procaccia la vista di quanto si passa in una lunga contrada, o in una pubblica piazza, per mezzo di un cristallo posto in un canto della finestra, con una inclinazione conveniente. Un altro simile specchio inclinato all'orizzonte, e che alquanto si avanzi fuori della finestra, procura ad un uomo di studio il comodo di sottrarsi alle visite importune, facendogli conoscere quelli, che bussano alla porta di sua casa.

Quando si vuole uno polemoscopio portatile, s'inclina il cristallo 45 gradi in fondo d'una cassetta, la cui parte anteriore rimane del tutto aperta. E si fa nel lato di detta cassetta, su di cui il cristallo è inclinato, un buco di due pollici in circa di diametro, per ricevere un tubo di quella lunghezza, che si desidera. Si osservi nella Fig. 8. come i raggi riflessi dallo specchio rechino l'immagine dell'oggetto all'occhio, che supponesi all'estremità del tubo.

Con questo strumento si può vedere sopra le mura d'una Città, d'un giardino, ed anche in una camera vicina, e situata sopra la stessa linea

di quella, in cui si sta, purchè la finestra ne sia aperta, e vi sia luce bastante. Vi sono alcuni, che portano nella loro scarsella di questi strumenti, in forma di occhialetto da teatro, e che guardano a loro bell' agio le persone, che stanno a canto, in tempo che pajono solamente intenti a quello che si fa in faccia loro, e lontano da essi, nascondendo con questo stratagemma una curiosità, che potrebbe soventi esser tolta per indiscrezione, ed inciviltà.

Curiosità, perspettive, od optiche.

Tutti questi nomi comunemente si danno a certe cassette, nelle quali alcuni oggetti convenevolmente illuminati si mostrano sotto immagini ampliate, ed in lontananza, col mezzo degli specchj, e di alcuni vetri convessi. La fabbrica di tali macchine in tanti modi si varia, che nè posso, nè devo io quì parlare di tutte quelle, che sono già note: solamente farò menzione di due o tre, e supporrò degli oggetti assai semplici, affinchè meglio se ne comprendano gli effetti.

Spiegando le proprietà dello specchio sferico concavo io feci osservare, che quando l' oggetto è situato più lungi dalla superficie riflettente, che non è il foco de' raggi paralleli, allora la sua immagine si truova rovesciata, ed innanzi allo specchio. In conseguenza di ciò producesi uno spettacolo bellissimo, se si pone un quadro rappresentante un tratto di paese avanti ad uno di questi specchj, ed allontanandosene alquanto si guarda di sopra nello specchio. Per far bene, il quadro dev' essere molto illuminato, e lo specchio deve stare all' oscuro: quelli, che si fanno in Inghilterra con cristalli incurvati, e collo stagno, rendono queste rappresentazioni più vive, e più chiare, che quei di metallo, perciocchè meglio riflettono

tono la luce, e sono men soggetti ad offuscarsi.

Queste illusioni si moltiplicano, qualora si adopera una cassa lunga rappresentata dalla *Fig.9.*, il di sopra della quale non è che un velo, o taffetà bianco, e sottilissimo, affinchè vi passi molta luce: l'uno dei piccioli lati A B porta uno specchio convaco, il cui foco è alla distanza F; e sopra l'altro al di dentro si fanno scorrere successivamente dei cartoni dipinti, che rappresentano degli edifizj, de' giardini, ed altri somiglianti oggetti: si pone l'occhio dirimpetto ad un buco, che va d'una parte all'altra dello stesso lato della cassa, alquanto più in su dei cartoni.

Se i due lati maggiori d'una somigliante cassa sono ornati di pitture, come quelle, di cui ho ora parlato; e sopra il fondo vi sono delle figurine isolate di legno, di smalto, o di cartone, ferme, o moventesi; ed i due lati minori sono coperti di due specchj piani; guardando semplicemente pel buco D, si vedranno tutti li detti oggetti moltiplicati quasi in infinito, ed in una gran lontananza, per le ragioni da me dedotte nello spiegar gli effetti degli specchi piani: e questo picciolo spettacolo diverrà curioso vieppiù, se si metterà al buco un vetro lenticolare, il cui foco sia quasi nel mezzo della lunghezza della cassa; perciocchè questo vetro amplificherà sempremai le immagini, e le distanze.

Si dà altresì a queste sorti di casse la forma di una torre quadrata, *Fig.* 10. nella cui cima vi è uno specchio inclinato, come C E, le immagini di tutti gli oggetti ordinati nella lunghezza della cassa sono dallo specchio all'occhio tramandate, che le distingue nella direzione orizzontale F G. Il lato opposto ad F H è quello, ch'è coperto di velo, o di taffetà, e che si volge ver-

so la parte della luce. Il picciol tubo F porta pur anche un vetro lenticolare, per far comparire il luogo, e gli oggetti più grandi.

Telescopj, e Canocchiali.

Questi sono tubi, ne' quali certi vetri, o specchj (e talvolta gli uni e gli altri) in certo modo combinati ci fanno distintamente discernere degli oggetti troppo lontani per la semplice vista. Chiamansi *Telescopj*, perchè il loro primo e più importante uso fu di esaminare gli astri conosciuti, e di scoprirne degli altri, che non ancora si conoscevano. Qualora si adoperano per gli oggetti terrestri, chiamansi dal volgo *Canocchiali*, perchè questi strumenti sembrano diminuire la distanza, ch'è tra l'oggetto, e lo Spettatore.

L'invenzione de' Telescopj fu di un grande ajuto per i progressi dell' Astronomia: e quindi appunto si deve pigliar l'epoca delle più belle scoperte fattesi in questa Scienza da Keplero, Galileo, Hughens, Domenico Cassini, Halley, Roemer, Bradley, ec. Prima non si conosceva nè quello, che chiamano montagne, valli, e mari nella Luna, nè le macchie del Sole, nè i Satelliti di Giove: erano parimenti ignoti que' di Saturno, ed il suo anello, le fasi di Venere, il diametro degli altri pianeti, le loro rotazioni attorno il loro asse, la durata di queste rivoluzioni, e tutte quelle conseguenze, che si possono con ragione dedurre da tutti questi fatti bene provati.

Quindi contendono insieme varie Nazioni per l'onore dell' invenzione de' Telescopj. Guglielmo Molino, e Samuele suo figliuolo lo attribuiscono all' Inghilterra, assicurando, esserne stato inventore quel Ruggieri Baccone da me citato di sopra. Ma il Sig. Smith prova benissimo dal modo, con cui si spiegò questo Monaco, ch'egli non ha fatto

to al più, che prevedere quello, che si sarebbe potuto fare col. mezzo dei vetri lenticolari; e ch' esso non fece mai su di ciò alcuna prova, a cui si possa riferire la scoperta, di cui parliamo.

Il Sig. Hughens la crede un effetto del caso; ma lo fa però nascere nella sua patria. "Alcuni, dic' „ egli nella sua Dioptrica p. 173., attribuiscono „ la prima invenzione del Telescopio a Jacopo „ Mezio abitante il Alcmaer: ma io so di certo, „ che un artefice ne aveva fatti prima di lui in „ Middelbourg Città della Zelanda verso l'anno „ 1609. Costui chiamavasi Giovanni Lipersheim, „ secondo Sirturo, e Zaccaria, secondo il Borel- „ li, ec. (a) „ Quel ch'è certo, si è che i primi Telescopj furono formati di due vetri, convesso l' uno, e l'altro concavo, e che quelli di questa spezie chiamansi anche oggidì *Telescopj Olandesi*.

Questi primi strumenti, produzioni del caso e d'una industria poco illuminata, non sarebbero stati mai d'un grand'uso, se si fosse lasciata tutta la cura di perfezionargli agli Artefici, che ne avevano fatta la scoperta. Ma tostochè vennero alla notizia dei Saggi, se ne impadronirono questi; e fra le mani di Galileo, di Keplero, e del Sig. Hughens ne fu regolata la costruzione, secondo i principj ben intesi, e ben meditati della Dioptrica; ed il celebre Campani (b) vi aggiunse poscia la più regolare esecuzione.

Il Telescopio di Galileo, simile a quello degli Olandesi, se non ch'è costrutto in migliori pro-

por-

(a) Muschenbroek riferisce questa scoperta all' anno 1590. attribuendola a Zaccaria Janszo, e Giovanni Lipperhei, abitanti di Meddelburgo in Zelanda. *Essai de Physique*, *p.* 598.

(b) Artefice di Roma valentissimo, e molto istruito.

porzioni, è composto di due vetri, uno de' quali, ch'è convesso, chiamasi *oggettivo*, per essere collocato all'estremità del tubo, che sta volta verso l'oggetto; l'altro, ch'è concavo, chiamasi *oculare*, perchè si ritrova all'altra estremità, dove l'occhio dell'osservatore si presenta. Ecco, per quanto si può in una picciola figura rappresentare, qual è il cammino dei raggi in questo strumento, e come accresca esso l'immagine dell'oggetto.

Convien supporre, che l'oggetto A B, *Fig.*11., è talmente lontano, che i getti di luce, che vengono da ciascun punto della sua superficie a cadere sopra l'oggettivo, come A C, B C, sono composti di raggi, non sensibilmente divergenti come nella figura; ma quasi paralleli fra loro. Questi getti cilindrici, o quasi cilindrici, nell'attraversare il vetro convesso convertisconosi in tante piramidi, che formerebbero colle loro punte l'immagine rovesciata *a b* dell'oggetto; senza l'interposizione dell'oculare D, il quale essendo concavo rende paralleli fra loro i raggi di ciascuna piramide. Così ciascuno di questi getti, o pennelli entrando nel cristallino dell'occhio E, come se venisse da un luogo molto lontano, non vi si rompe, se non quanto bisogna per formare una punta in fondo dell'organo F G; e per questo mezzo vi si disegna una immagine distinta, e rovesciata, come lo sarebbe alla semplice vista: quindi è che questa spezie di telescopio fa vedere gli oggetti nella loro natural situazione, e sotto un angolo maggiore, locchè accresce la loro apparente grandezza.

Questo Telescopio non potendo avere, se non se un'assai limitata grandezza (*a*), non può molto ingrossare: per altro ha pochissimo campo, cioè l'oc-

(*a*) I canocchiali più grandi di questa spezie non hanno, che 15. o 18. pollici.

l'occhio, che ſe ne ſerve, non può abbracciare che pochiſſimi oggetti d'un ſolo aſpetto, perchè i faſtelli di luce, ch'eſcono dall'oculare, eſſendo fra loro divergenti, la pupilla non può comprendere nel tempo ſteſſo quelli, che vengono dalle eſtremità d'un grande oggetto.

Si ritrova nella Dioptrica di Keplero, che fu ſtampata nel 1611., la deſcrizione di un Teleſcopio, che fin d'allora ebbe il nome d'*Aſtronomico*, perchè è aſſai migliore del precedente, per oſſervare il Cielo. Egli è compoſto di due vetri conveſſi collocati alle due eſtremità d'un tubo in guiſa, che i loro foci nel medeſimo luogo coincidano: quindi la lunghezza totale dello ſtrumento riſulta da quelle dei due foci C F, D F, unite inſieme, *Fig.* 12.

I getti di luce A C, B C, che ſuppongonſi venire aſſai di lontano, e che per conſeguenza ſono compoſti di raggi quaſi paralleli, paſſando pel vetro oggettivo C convertiſconſi in tante piramidi, da tutte le punte delle quali ſi diſegna l'immagine dell'oggetto alla diſtanza F, dov'è il foco del vetro. Ma attraverſandoſi queſti raggi diventano divergenti; ſe cadano ſopra un vetro lenticolare D, il foco ſia alla diſtanza di F, dove comincia la loro divergenza, eſſi divengono paralleli fra loro, nel tempo ſteſſo che i getti da eſſi compoſti tendono a riunirſi nell'occhio, che ſta ſituato in E.

L'oggetto appare dunque ſotto l'angolo G E H più grande, che non ſarebbe A E B colla ſemplice viſta; e l'immagine è diritta in fondo dell'occhio, poichè è quella, ch'è roveſciata in F, che diventa l'oggetto immediato della viſione; per conſeguenza il vero oggetto A B deve comparire al contrario.

Queſt'

Queſt' ultimo effetto è un inconveniente, ſu di cui ſi paſſa, qualora non ſi hanno, come gli Aſtronomi, ad oſſervare, ſe non corpi rotondi, e ſi cerca, com' eſſi, di conſervare allo ſtrumento tutta la chiarezza, ond' è ſuſcettibile: ma per vedere ſopra la terra queſto è di grave incomodo; e ſi ama meglio di vedere gli oggetti nelle naturali loro ſituazioni. Ciò ſi ottiene aggiugnendo due oculari convessi al primo; perciocchè guardando ſolamente la *Fig.* 13. ſi vede, che ſe in vece di porre l' occhio in E, per ricevere i faſtelli di raggi paralleli, che vengono a rendervisi, ſi laſciano queſti intercecarſi, e ricevonſi poſcia ſopra di un ſecondo oculare K, di paralleli che ſono, diventano convergenti, e formano una ſeconda immagine, ma al roveſcio di quella prima, ch' è in F. Dopo di che ſe paſſano ad un altro oculare L, queſto vetro che li riceve divergenti dalla diſtanza *f*, dov' è il ſuo foco, rende loro il parallelismo, che avevano prima di entrare nel vetro K, ed i getti, che ne riſultano, vanno quinci e quindi all' occhio ſituato in M, nello ſteſſo ordine che hanno in E, all' uſcire dal teleſcopio Aſtronomico. Ma ſiccome in queſto luogo la ſeconda immagine *a f b* è l' oggetto immediato della viſione, e queſta immagine è in ſenſo contrario alla prima *b* F *a*, o piuttoſto nel ſenſo ſteſſo che l' oggetto reale; così ella deve eſſere veduta, come ſi vede eſſo colla ſemplice viſta.

In queſti teleſcopj sì a due, che a quattro vetri conveſſi, la grandezza del campo dipende dalla larghezza dell' oculare; imperciocchè come i raggi di luce, che vengono dall' eſtremità oppoſte dell' oggetto s' interſecano nell' oggettivo, egli è facile concepire, che quanto più largo è l' oculare, tanto maggior numero abbraccia di que' raggi,

gi, che ſi ſcoſtano gli uni dagli altri dopo i loro interſecamenti. Contuttociò non ſi laſcia mica agli oculari tutta la larghezza, che aver potrebbono, perciocchè la luce, che paſſa troppo vicino agli orli, non vi ſi rifrange così regolarmente, come verſo il mezzo. Quanto alla quantità, di cui queſti ſtromenti accreſcono gli oggetti, ſi può ſeguir queſta regola: la grandezza apparente pel teleſcopio è alla grandezza apparente alla ſemplice viſta, come la diſtanza FC è alla diſtanza DF, vale a dire, che ſe il focò dell' oggettivo è 30. volte più lungo di quello dell' oculare, il diametro dell' oggetto veduto coll' occhiale ſembrerà 30. volte più grande, che colla ſemplice viſta.

I teleſcopj di rifrazione, per ingroſſar molto deono eſſere aſſai lunghi, il che gli rende men comodi, e difficili a maneggiarſi. Hanno in oltre un altro difetto, ed è che le immagini, ch' eſſi amplificano ad un certo punto, mancano di chiarezza e di nettezza: queſt' ultima imperfezione venne dapprima attribuita a certe cagioni, che non vi avevano gran parte (*a*), ed i mezzi, di cui ſi convenne per rimediarvi, non ſarebbero riuſciti, quando foſſero ſtati partecipabili (*b*).

Que-

(*a*) Veggaſi quanto ho riferito a queſto propoſito al principio del I. Articolo della Seſſ. 3. Si conſulti in oltre l' Optica di Neutono lib. 1. part. 1. prop. 7. dove dimoſtra, che l' errore, il quale proviene dalla ſola ſfericità dei vetri di un teleſcopio, è molte centinaja di volte minore di quello, che naſce da un' altra ſorgente, che indica, ed a cui non ſi può rimediare.

(*b*) Se l' oggetto di un teleſcopio, in vece di eſſere una porzione di ſfera, foſſe d' una figura iperboli-

Queſte conſiderazioni fecero naſcer l' idea di uſare degli ſpecchi in vece di vetri, per formare le immagini degli oggetti: un tal mezzo ſembrava più ſicuro in queſto, che i raggi di luce, di qualunque ſpezie eſſi ſieno, fanno ſempre l' angolo di rifleſſione uguale a quello della loro incidenza: un altro vantaggio, che non pareva meno reale, e che era di grandiſſima importanza, ſi è, che era evidente, che queſti nuovi ſtrumenti per ingroſſare, quanto fanno i teleſcopj di Dioptrica, non avrebbero biſogno di eſſere tanto lunghi. Giacomo Gregorio di Aberdéen produſſe il primo teleſcopio di rifleſſiona nel 1663. pochi anni dopo ne fece uno Neutono diverſamente coſtrutto; di cui ſi ritrova la deſcrizione nelle Tranſazioni Filoſofiche N. 80. e nella ſua Optica verſo il fine della parte prima del primo Libro.

Benchè il teleſcopio di Neutono ſtato non ſia pubblicato, ſe non dopo quello di Gregorio, ſembra tuttavia, che queſt' ultimo non ſia ſtato così preſto in uſo, o per i ritardi, che l' eſecuzione vi apportaſſe, o perchè meno perfetto veniſſe giudicato: o ſolamente verſo l' anno 1726. cominciarono gli Artefici a venderne in Londra, dopochè l' ebbe ridutto a perfezione il Sig. Hadley.

Il teleſcopio Neutoniano è compoſto d' un largo tubo DDDD, in fondo di cui ſta fiſſo uno ſpecchio concavo di metallo GH, il foco del quale è verſo l' altre eſtremità, ch' è aperta. Fra queſto

ve-

bolica, o elittica, come ſi era trovato, che biſognava farlo, ſarebbe neceſſariamente molto ſpeſſo; e per conſeguenza intercepirebbe troppa luce: in oltre non riunirebbe bene, ſe non i raggi paralleli al ſuo aſſe; quelli che verrebbono dai lati dell' oggetto, non ſi raccorrebbero così bene, come per una lente d' una curvatura sferica.

vetro concavo ed il ſuo foco vi ha un altro ſpecchio di metallo I K piano aſſai più picciolo del primo di figura ovale, inclinato di gradi 45. all' aſſe del tubo, e ſoſtenuto da uno ſtelo, con cui ſi move innanzi e indietro ſecondo la lunghezza del tubo. Dirimpetto a queſto picciolo ſpecchio il tubo ha un buco rotondo, per ricevere un picciol tubo LL guernito di una o più lenti. Il ſito dell' occhio è in O, dov' è un' apertura d' una linea al più di diametro. Eccovi qual è il cammino, che fa la luce in queſto ſtrumento.

Convien ſupporre, che A G, B H ſieno due faſtelli di raggi paralleli, o pochiſſimo divergenti, i quali vengono dalle due eſtremità oppoſte di un oggetto, ch' è molto diſcoſto, e che ſi ſono interſecati prima di entrare nel teleſcopio, dimodochè A G viene dalla parte ſuperiore, e B H dalla parte inferiore di detto oggetto. Toſtochè queſti getti di luce cadono ſopra le parti G, H, dello ſpecchio concavo, i raggi che gli compongono, di paralleli, che ſono, o quaſi paralleli, diventano convergenti al foco F, come s' è veduto nella Catoptrica; e ſi formerebbe in queſto luogo una immagine al roveſcio dell' oggetto, ſenza l' interpoſizione del picciolo ſpecchio I K, il quale arreſta, e riflette le piramidi di luce verſo il buco laterale L L: donde avviene, che l' immagine è traſpoſta in *c d* ſenz' alcun altro cangiamento, mentrechè il picciolo ſpecchio è piano.

Dal luogo, in cui ſi forma l' immagini, i raggi di ciaſcuno faſtello ricominciano a divergere tra di eſſi, paſſando poſcia per la lente L L, il di cui foco è alla diſtanza *c d*, ritornano paralleli; ed i getti cilindrici, che formano, ſi avanzano convergendo verſo l' occhio, il quale diſcerne l' immagine dell' oggetto ſotto l' angolo L O L, e per

per conſeguenzza molto più grande, che colla ſemplice viſta, ma in una ſituazione roveſciata. Si può raddrizzare, ponendo nel picciol tubo tre lenti, in vece di una, come nei Teleſcopj di Dioptrica.

Perchè ſi poſſano adoperare nel tubo L L delle lenti di differenti foci, queſto tubo, ed il picciolo ſpecchio ſi avanzano, e ſi tirano indietro inſieme, ſecondo la lunghezza del teleſcopio; per tal mezzo l'immagine *cd* ſi accoſta, o ſi diſcoſta dalla lente LL. E ſiccome ſi deve neceſſariamente guardare da canto per dirigere più facilmente lo ſtrumento verſo l'oggetto, però vi ſi aggiunge d'ordinario un canocchiale compoſto di due vetri, l'aſſe de' quali è parallelo a quello del teleſcopio. Il tutto ſta poſto ſur un piede, che s'innalza, e ſi abbaſſa a piacimento, ed il corpo dello ſtrumento è ſoſtenuto da due perni fitti nel mezzo della ſua lunghezza, e su de' quali ſi aggira per inclinarſi quanto fa d'uopo. Oſſerviſi la Fig. 15.

Il teleſcopio Gregoriano, come ſta oggidì, è altresì compoſto d'un groſſo tubo D D D D, Fig. 16. nel cui fondo ſi trova uno ſpecchio concavo di metallo G H, bucato nel mezzo. Verſo l'altra eſtremità vi è un ſecondo ſpecchio di metallo I K più concavo del primo, il cui diametro è grande alquanto più del buco, che ſta nel mezzo del grande ſpecchio: è ſoſtenuto da una gamba, unita al tubo, con cui ſi può tirare innanzi e indietro in un canaletto fattovi appoſta. Il buco del grande ſpecchio corriſponde ad un piccol tubo, in cui vi è un vetro piano conveſſo L *l*, ed un altro M *m*; ch'è tagliato a foggia di lente; e l'apertura della parte dell'occhio in O un picciolo buco rotondo.

Per intendere in qual modo le immagini ſi formi-

mino in queſto ſtrumento, convien ſupporre altresì, come quì ſopra abbiam fatto, pel teleſcopio Neutoniano, che A G, B H, ſono faſtelli di raggi, quali vengono dalle eſtremità oppoſte di un oggetto lontaniſſimo, e ſi ſono interſecati prima d'entrare nel teleſcopio. I raggi quaſi paralleli, che compongono ciaſcuno dei detti getti di luce, eſſendo rifleſſi dallo ſpecchio concavo G H, divengono convergenti, e fanno un'immagine diſtinta, e roveſciata alla diſtanza *a b*, dov'è il foco dei raggi paralleli; diventano poſcia divergenti, e ſi avanzano in tale ſtato ſino al picciolo ſpecchio I K, il quale avendo il ſuo foco alquanto più lungi, che la diſtanza *a b*, donde queſti raggi cominciano ad eſſere divergenti, gli rende alquanto convergenti dopo la rifleſſione; coſicchè, ſe non incontraſſero nulla nel picciol tubo, anderebbono eſſi a formare un' immagine molto più in là della diſtanza L *l*; ma col rendere più corto lo ſtromento, vengono colà ricevuti ſopra un vetro piano conveſſo, che ne accreſce la convergenza, e gli riuniſce alla diſtanza *c d*, dove ſi forma l'immagine: quando poi ſono divenuti divergenti, ſi fanno paſſare per un altro vetro, il quale ha il ſuo foco alla diſtanza *c d*, il che fa, ch' eſſi ſono emergenti per linee parallele, e che i faſtelli da eſſi compoſti, s' indirizzano d'ambe le parti verſo O, dov'è l'occhio, e gli fanno vedere l'immagine ſotto l'angolo *n* O *p*.

Il tubo è montato ſopra un ginocchio, che ſta attaccato ad un ſoſtegno, per mezzo del quale ha tutti li movimenti immaginabili. Per fare accoſtare, o allontanare il picciolo ſpecchio dal grande, vi è una verga di metallo, che gira in due o tre colletti ſituati ſopra la lunghezza del tubo, un eſtremo de' quali, ch'è fatto a vite, infila

l' estremità della gamba, che tiene il piccolo specchio; la detta verga è guernita nell' altra estremità d'una testa, che si tiene in mano per farla girare di qua e di là insino a che si discerna ben distintamente l' immagine dell' oggetto. Questo movimento del picciolo specchio è necessario; perchè, quando l' oggetto guardato è più lontano, l' immagine si scosta dagli oculari, e quando è più vicino, succede l' opposto: ora essendo questi oculari fissi, conviene che il picciolo specchio si faccia avanti, o indietro per trattenere l' immagine sempre nella distanza medesima dai detti vetri. Nè per altra ragione si deve ne' Canocchiali di Dioptrica tirare di più il tubo degli oculari, per gli oggetti, che sono meno lontani.

Il telescopio Gregoriano da me ora descritto fa vedere l' oggetto diritto, posciachè l' ultima immagine *cd*, che l' occhio riceve, è nella stessa situazione di AB. Egli è alquanto men chiaro di quello di Neutono, perchè vi sono due vetri, e la luce vi soffre tanto maggior diminuzione, quanto maggiore si è la spessezza, ch' ella deve attraversare. Ma ad eguali grandezze ingrossa assai più, e molti lo preferiscono, perchè si pone l' occhio all' estremità, come ne' Canocchiali di Dioptrica. Osservisi la Fig. 17., che rappresenta uno di questi stromenti avente 15 pollici di lunghezza. E' quello, che presentemente più è in uso per gli oggetti terrestri.

Microscopj semplici, e composti.

Chiamansi *microscopj* tutti quegli strumenti, che ci fanno discernere gli oggetti impercettibili alla semplice vista: essi ci ajutano a veder da vicino, come i telescopj a veder da lontano: quanto facilitano questi i progressi dell' Astronomia, tanto

quel-

quelli alla Fisica, ed alla Storia naturale sono utili: senza di essi noi saressimo privi d' infinite bellissime scoperte, ed utili cognizioni, colle quali s' immortalò un Borelli, un Hook, un Malpighio, un Lewenoek, un Reaumur, e tanti altri grand' Uomini, ai quali furono da questi novelli organi svelati gli secreti della natura.

Sono i microscopj o semplici, o composti. I primi son fatti di un picciol corpo trasparente, di figura sferica o lenticolare, e per l' ordinario questo picciol corpo è il vetro. Gli altri sono unioni di più vetri; la combinazione e disposizione dei quali accresce le immagini degli oggetti, e le presenta in modo comodo all' occhio dell' Osservatore.

Se si vuole considerare come microscopio quanto accresce la grandezza apparente de' corpi, che si guardano, convien riferire l' invenzione del *microscopio semplice* al tempo, in cui si principiò a conoscere l' effetto de' vetri lenticolari, e ciò sarebbe un farsi più indietro di quattro Secoli; ma perchè questo nome tanto per lo meno dipende dall'uso, che si è fatto di questa spezie di vetro, quanto dalla sua figura, e dalla proprietà che ne risulta, io non giudico, che questo strumento sia stato conosciuto, come tale, prima del principio del Secolo scorso; perciocchè mi pare, che tutte le osservazioni microscopiche, che si ritrovano, sieno a questo tempo posteriori (*a*). Quanto ai *microscopj composti*, dice il Sig. Hughens di avere appreso da testimonj di vista, che Drebòel suo paesano ne faceva in Londra nel 1621: il

(*a*) Francesco Stelluti pubblicò nel 1625. la Descrizione delle parti delle Api da lui esaminate con una lente di vetro.

Fontana in un' opera da lui pubblicata nel *1646.* pretende averne fatti ſino dal 1618. nè appare, che prima ſe ne faceſſero da veruno.

E' certo che quanto più piccciole ſono e conveſſe le lenti traſparenti, tanto maggior forza eſſe hanno per ingroſſare gli oggetti; ecco perchè un globetto di vetro fuſo, ſulla punta d' un ago al calore della candela, o una gocciola d' acqua incaſſata in un buco rotondo fatto in una laminetta di piombo, forma un microſcopio aſſai buono: Se ne comprenderà la ragione eſaminando ciò che ſuccede, qualora ſi guarda un picciol corpo a traverſo d' una lente maggiore; e cagionerà forſe maraviglia il vedere, che queſto globetto di vetro, e queſta gocciola d' acqua non ſono microſcopj in quanto che amplificano l' immagine dell' oggetto, ma ſolamente perchè la fanno vedere più chiaramente, ed il medeſimo oggetto veduto per lo ſteſſo buco vuoto, ed alla ſteſſa diſtanza, così grande appare, come quando è guardato a traverſo della gocciola d' acqua, o a traverſo del globetto di vetro.

Supponiamo l' occhio poſto in C, *Fig.* 18. dirimpetto, e vicino ad un picciol buco, che va da una parte all' altra di una lamina di metallo DD, e che di là guardi un oggetto poſto ad una picciola diſtanza; eſſo lo vedrà diſtintamente, perciocchè, ſiccome aſſai picciolo è il buco, l' occhio non può ricevere da ciaſcuno punto viſibile dell' oggetto, ſe non un raggio ſemplice, per dir così, e non già, come per l' ordinario, un faſtello di raggi divergenti, che abbiano biſogno d' un certo grado di rifrazione, per riunirſi giuſtamente ſopra la retina; l' impreſſione d' un raggio ſolo è ſempre diſtinta. La grandezza apparente dell' oggetto ſarà altresì molto più grande; perciocchè verrà eſſo veduto

duto sotto l'angolo ACB assai più grande di E C F, che si suppone esser quello, sotto di cui quest' oggetto medesimo potrebbe esser veduto distintamente dall' occhio stesso; senza l'interposizione della lamina bucata; dimodochè se la distanza dall' oggetto all'occhio, che guarda pel picciol buco, è cento volte più picciola di quella, a cui convien porre lo stesso oggetto, per vederlo distintamente a vista scoperta e libera, si può dire, che l'oggetto allora comparisce cento volte più grande di quello, che si veda ordinariamente.

Ma che succederà mai di più, se in vece d'un piccol buco noi supponiamo una lente di vetro *dd*, la quale abbia il suo foco alla distanza *a b* uguale ad A B? I raggi semplici *a c*, *b c*, passeranno pure all'occhio attraversando il vetro, e l'angolo visuale sarà sempre *a c b*, come prima; cioè si vedrà l'oggetto della medesima grandezza, che si vedeva pel picciol buco; ma la sua immagine, senza essere più distinta, sarà più chiara, perchè sarà formata, non solamente dai raggi semplici *a c*, *b c*, ec. ma ancora da raggi collaterali, che divergendo dai medesimi punti, *a*, *b*, ec. si rifrangeranno nella lente, e ne usciranno dalla parte nell' occhio per linee parallele ai primi *a c*, *b c*.

E quest' ultima ragione quella si è appunto, per cui i semplici microscopj fanno meglio che un picciol buco, che passi dall'una all'altra parte: il potere, che hanno di amplificare, viene essenzialmente dal potersi col loro mezzo distintamente vedere ad una picciolissima distanza dall' occhio. Se dunque si vuol sapere, quante volte accresca una lente, basterà comparare la lunghezza del suo foco colla distanza, a cui distintamente colla semplice vista si vedrebbe l'oggetto. Se queste due quantità, per esempio, sono come $\frac{1}{2}$ linea ed 8. polli-

ci, si può dire che la accresca 192. volte lente; perchè una $\frac{1}{2}$ linea è $\frac{1}{192}$ di 8. pollici.

Il microscopio semplice non accrescendo adunque l'apparenza degli oggetti, se non intantochè sono essi a lui vicinissimi, ed esso è tutto incontro all'occhio, ne diviene quindi assai incommodo il suo uso, anzi pure in molte occasioni impraticabile, essendovi parecchi oggetti, ai quali non si può applicare, ed essendo sempre difficilissimo l'illuminare bastevolmente quelli, che si vogliono con questo strumento osservare. Questi inconvenienti fecero immaginare i microscopj composti, il cui merito principale si è di fare un effetto quasi eguale a quello del microscopio semplice con lenti d'un foco più lungo: il che rende il loro uso più ampio e più facile, oltrechè con questi strumenti si scopre ad un solo colpo d'occhio un numero maggiore di punti visibili.

Io non istarò quì ad esaminare, qual sia la migliore combinazione di vetri, che adoperar si possa nella fabbrica del microscopio, nè la grandezza di questi vetri, nè le loro respettive distanze: riserbo questa discussione ad un'altra opera, di cui ho già più fiate fatta menzione: basterà in questo luogo di seguire col soccorso d'una figura il cammino dei raggi della luce in un microscopio a tre vetri, ch'è quello, che oggidì è più in uso.

Sia dunque un oggetto A B situato alquanto più lontano, che il foco della lente c, e sufficientemente illuminato: i raggi divergenti, che partono da tutti li punti visibili, come A d, A e, o B d, B e, e che cuoprono tutta la superficie anteriore della lente, dopo aver patite le rifrazioni solite, divengono emergenti per linee alquanto convergenti ef, dg; dimodochè, se nulla gli arrestasse, que-

questi fastelli di raggi riuniti formerebbono un' immagine rovesciata alla distanza E.

Ma questi getti di luce venendo ricevuti dalla lente D, di divergenti, ch' erano, convergenti fra loro divengono, ed i raggi che gli compongono, diventando più convergenti di prima, s' intersecano, e formano ad una picciola distanza di là l' immagine rovesciata *a b*.

Questa immagine essendo nel foco d' una terza lente F, i raggi divergenti, che partono dai punti *a b*, ec. passando per questo vetro, si dispongono parallelamente fra loro, formano dei getti tendenti a riunirsi in O, dove si pone l' occhio, e fanno vedere l' immagine *a b* sotto l' angolo *k* O *b*, incomparabilmente più grande di A O B, ch' è quello della semplice vista.

I maggiori vantaggj, che procurar si possano a questi strumenti, sono di essere applicabili ad ogni sorta di oggetti, d' essere maneggiati comodamente. Egli sarebbe impossibile e superfluo di dire quì tutto ciò, che si è finora tentato per adempire a queste condizioni; ciascuno ha variato l' assettamento del microscopio, secondo il suo genio e le sue mire: la maggior parte degli Artefici per accrescerne il prezzo lo caricarono di tante superfluità, ed inutili ornamenti, ch' è necessario per servirsene uno studio particolare, che pochi vogliono far certamente. Eccovi quello, che vi ha di essenziale.

Per comprendere ogni sorta di oggetti, conviene che il microscopio possa ugualmente applicarsi a quelli che sono trasparenti, ed a quelli che sono opachi. Bisogna dunque per i primi, che lo strumento possa tenersi in una situazione quasi orizzontale, affinchè vi entri la luce, come in un canocchiale, oppure (il ch' è poi meglio) che

vì sia a qualche distanza sotto la lente oggettiva uno specchio, il quale a piacimento s' inclina per pigliare la luce del giorno, o d' una candela, e rifletterla sotto l' oggetto, che si osserva. Quanto a' corpi opachi, s' illuminano questi, raccogliendo sopra la luce con uno specchio, oppure un vetro lenticolare convenientemente disposto a quest' effetto.

La maggior difficoltà, che nell' uso del microscopio s' incontra, si è quella di collocare l' oggetto alla precisa distanza, a cui dev' essere, dalla lente oggettiva; ciò si deve fare per via di movimenti facilissimi a misurare, sopra tutto qualora il vetro è di un foco assai corto; ed in questo la maggior parte degli Artefici riesce assai poco; o succede spessissime fiate, che questo vantaggio compensato si trova da difetti tali, che molto ne sminuiscono il merito. Quello, che di meglio si è finora praticato, sono certe viti ben fatte, le quali fanno discendere e sdrucciolare egualmente il corpo del microscopio lungo il suo portante.

Un microscopio, il quale avesse una sola lente oggettiva, non potrebbe servire, che per oggetti d' una certa grandezza: bisogna che ve ne sieno varie di differenti forze, le quali si possano collocare successivamente all' estremità del tubo; ma io trovo ancora inutile l' averne tante, potendo tre o quattro bastare al più esatto e più laborioso Osservatore. Se si desidera conoscere la forma esteriore dei microscopj, di cui mi servo il più, si può dar un' occhiata alla *Fig. 6.* della prima Lezione *Tomo I.* ed alla *Fig.* 20. quì appresso intagliata.

Lanterna magica, Microscopio Solare.

La Lanterna magica è uno di quegli strumenti, che

che per essere troppo comuni sono diventati ridicoli agli occhi di molti. Essa viene qua e là portata per le contrade: serve di trastullo ai fanciulli, ed al popolo: e questo col nome da lei poraato pruova, che i suoi effetti sono curiosi, e sorprendenti: e perchè i tre quarti di coloro, che gli vedono, non sono in istato di comprendere le cagioni, benchè loro fossero indicate, sarebbe forse cosa ragionevole il dispensarsi dall' istruirne quelle persone, che intender le possono? Se il gran Neutono si applicò seriamente a formare soffiando dei globi vuoti con l'acqua mescolata al sapone, non basterà forse questo ad insegnarne, che agli occhi di un Filosofo nulla sembrar deve puerile, quando cavar se ne possono delle istruzioni?

Noi siamo tenuti della Lanterna magica al P. Kirker Gesuita Tedesco, uomo, che ad una grande dottrina univa una sagacità singolare, ed uno spirito inventore. La prerogativa di questa macchina si è di far comparire in grande, sopra un muro bianco, o sopra una tela stesa in un luogo oscuro, delle figure dipinte in picciolo sopra pezzi di sottil vetro, e con colori molto trasparenti.

A quest' effetto s' illumina fortemente di dietro il vetro dipinto, che si può chiamare *porta-oggetti*, e si pongono innanzi, a qualche distanza l'un dall' altro, due vetri lenticolari, i quali raccolgono sulla tela, o sul muro i raggi divergenti, che partono da ciascun punto dell' oggetto, e che lasciano divergere tra essi tutti li pennoncelli di luce da detti raggi formati. Questo si renderà più sensibile da una figura.

AB, *Fig.*21., è uno specchio concavo di metallo, o di cristallo, C è la fiamma d' una grossissima candela, o d' una lampada, situata alquan-

to più vicina allo ſpecchio, che non è il foco de' raggi paralleli. D *d* è un vetro conveſſo da ambe le parti, e più largo del porta-oggetto E *e*, che ſi trova immediatamente appreſſo. A qualche diſtanza di là ſta un'altro vetro lenticolare G *g*; ed alquanto più lontano ancora un altro meno conveſſo H *h* ed un po' men largo.

Queſti due ultimi vetri ſono mobili in un groſſo tubo, affinchè ſi poſſano allontanare ed accoſtare l'uno all'altro, quanto ſi richiede perchè ſi renda diſtinta l'immagine ſulla tela. Il detto tubo è attaccato dinanzi ad una caſſa quadrata, in cui rinchiudeſi lo ſpecchio, la lampada, ed il primo vetro lenticolare, ſicchè altra luce non paſſi nella camera, eccetto quella, che viene a traverſo del vetro dipinto. Tutto diſpoſto così, ſe la figura, ch' è dipinta, roveſciata ſi truova, come E *e*, eſſa compariſce ſopra il muro amplificata, e diritta, come K L.

Produceſi lo ſteſſo effetto, ed in maniera aſſai più bella, facendo cadere dietro il vetro dipinto un groſſo raggio Solare, per mezzo di uno ſpecchio collocato fuori di una fineſtra: ma perchè queſta luce più egualmente ſi diſtribuiſca, convien mettere un pezzo di carta unta d'oglio in vece del vetro conveſſo D, che deve ſopprimerſi, come pure la lampada, e lo ſpecchio concavo.

L' oggetto E *e* eſſendo traſparente, e fortemente illuminato di dietro, laſcia paſſar nella camera per tutti i punti viſibili della ſua ſuperficie dei faſtelli di raggi divergenti, come E M, *e m*, i quali faſtelli ſono tra loro inclinati verſo il vetro lenticolare G *g*. Queſto vetro due effetti produce: accreſce la convergenza dei faſtelli, che ſubito dopo s'attraverſano, e diminuiſce inſino al paralleliſmo la divergenza dei raggi, che gli compongono.

po. Finalmente tutta questa luce passando ancora a traverso della lente H *h*, i fastelli proseguono a divergere fra di loro, ed i raggi, onde sono formati, si raccolgono in certi punti K, L, ec. sopra il muro, o sulla tela; e siccome questi fastelli di luce intersecati si sono fra i due vetri lenticolari G *g*, H *h*, essi formano l'immagine in senso contrario dell'oggetto, da cui sono partiti. Per rendere più distinta l'immagine, ponesi fra i due vetri G, H, dove s'intersecano i raggi, un anello di legno, o di cartone, di cui tale si è l'apertura, che non lascia passare, se non la luce necessaria, e regolarmente rifratta dalla lente G. Veggasi la *Fig.* 22. che rappresenta tutta la macchina, ed il suo effetto all'oscuro.

D'ordinario i vetri dipinti, che servono di oggetti alle Lanterne magiche, sono bande aventi 8. o 10. pollici di lunghezza, e che si fanno scorrere in un canaletto praticato vicino al vetro D *d* in quel sito, dove sta attaccato il tubo, che porta le due lenti G *g*, H *h*, e queste bande di vetro sono semplici. Ma in un viaggio da me fatto in Olanda nel 1736. me ne furono dal Sig. Muschenbroek mostrate delle altre, che io ritrovai bene immaginate in questo, che le figure vi hanno certi movimenti, che pajono animarle. L'una si è un molino a vento, le cui ali vanno in volta; l'altra è una donna, che fa in passando la sua riverenza; l'altra una mascella che si muove, o un Cavaliere, che si toglie il cappello, e se lo rimette, ec. Veder si può nei Saggi di Fisica del Sig. Muschenbroek p. 623. in 4. il modo, con cui tutti questi piccioli movimenti si eseguiscono: io dirò soltanto in generale, che questo si fa per mezzo di due pezzi di vetro, l'uno de' quali incassato in un pezzo di tavola forata,

por-

porta una parte della figura, e l'altro collocato per di ſopra, e non caricato, ſe non della parte mobile, ſi mette in moto col mezzo di un cordone, o d'una picciola riga, che ſdrucciola in un canaletto praticato nella ſpeſſezza della tavola.

Nel 1743. ci pervenne di Londra un nuovo ſtrumento d'optica ſotto il nome di *microſcopio Solare*, inventato poco prima dal Sig. Lieberkuyn dell' Accademia Reale delle Scienze di Berlino. Queſto, propriamente parlando, ſi è una Lanterna magica illuminata dalla luce del Sole il di cui porta-oggetto, in vece d'eſſer dipinto, altro non è, che un picciol pezzo di vetro bianco, che ſi carica d' una gocciola di liquore, in cui ſono inſetti, alcune polveri, o altri corpicciolì traſparenti. Vi è in oltre queſta differenza (che però non è eſſenziale), che in vece delle due lenti G, H, *Fig.*21., non ve n'è, che una, d'un foco aſſai breve.

Supponete adunque una camera ben chiuſa, e bene oſcura, la quale abbia al mezzodì una fineſtra, o quaſi al mezzodì, che nei legni di queſta vi ſia un buco per introdurre un groſſo raggio del Sole col mezzo dello ſpecchio A B, *Fig.*23. poſto al di fuori; che nel buco della fineſtra ſtia aggiuſtato un tubo guernito d'una lente di vetro C, il cui foco ſia ad 8. o 9. pollici di diſtanza. Il picciol vetro D, che porta l'oggetto, eſſendo ſituato in queſto getto di luce viva, ſe ſi accoſta la lente D di maniera, che il porta-oggetto ſia alquanto più lontano del ſuo foco, tutto ciò, che vi è ſopra, appare prodigioſamente amplificato ſopra una parete, o ſopra una tela bianca innalzata verticalmente a 10. o 11. piedi di diſtanza verſo il fondo della camera; e quello che vi è di ſingolare, ſi è, che le immagini ſono diſtinte ad ogni ſorte di diſtanze dalla lente.

Per

Per ben intendere la ragione di queſt' effetto, convien ſapere, che la lente E è coperta dalla parte dell' oggetto con una laminetta di piombo ſottile, che altra apertura non ha ſuorichè un buco nel mezzo, come ſi farebbe da uno ſpillo: queſto fa, che i getti di luce, che partono dai differenti punti dell' oggetto, e che vengono ad incrocicchiarſi in queſto picciol buco, rimangono in tutta la loro lunghezza, come raggi ſemplici, e molto vivi: per queſte due ragioni ſono capaci di eſprimere diſtintamente le immagini a diſtanze diverſe, e perchè incrocicchiati ſi ſono nella lente, dipingono nell' alto della tela ciò che ſta ſituato nella parte inferiore ſopra il picciolo vetro bianco, che porta gli oggetti.

Il microſcopio Solare è ancora più curioſo, e più intereſſante della Lanterna magica. Un pulce ſchiacciato ſul porta oggetto appare groſſo come un montone; la polve delle farfalle ſi raſſomiglia alle foglie di garofano; un capello ſembra groſſo come un manico di ſcopa; e gl' inſetti più piccioli, che ſi poſſano pigliare colla punta d' un ago nell' acque corrotte, ſi preſentano ſotto forme e variazioni, che mai non ſi ceſſerebbe di ammirare; ma nulla vi ha di sì curioſo, quanto la circolazione del ſangue, oſſervata con queſto ſtrumento nel meſenterio d' un ranocchio, o nella coda di certi animali; perciocchè ſembra vedere una carta Geografica, in cui tutte le riviere ſieno animate da un reale ſcolamento.

Ma ſiccome l' oggetto è nel foco d' un vetro conveſſo, può eſſervi eſpoſto ad un grado di calore, che troppo preſto lo ſecchi, o lo faccia perire: qualora di ciò ſi teme, conviene coprire una parte del vetro lenticolare, o porre l' oggetto un poco più vicino, oppure un poco più lontano, che il vero foco.

Fin dalle prime pruove, ch' io feci del microſcopio Solare, mi parve eſſo molto acconcio ad eſtendere i progreſſi della Storia Naturale, per la facilità, che procura, di vedere in grande, e di diſegnare certe parti degli animali e de' vegetabili, che poſſono acquiſtare una traſparenza ſufficiente per la macerazione, o altrimenti. Pure queſto ſtrumento, quale m' era giunto d'Inghilterra, mi laſciava deſiderare ancor qualche coſa: egli non era troppo comodo per ogni ſorte di oggetti, ed il prezzo era troppo eccesſivo, perchè tutti coloro, che foſſero in iſtato di ſervirſene utilmente, poteſſero ſenza loro grave incomodo provederſene. Mi applicai pertanto a renderne più ſemplice la coſtruzione, in guiſa però, che ſi poteſſe tuttavia eſaminare quanto ſi voleſſe. Quello, che viene dalla Fig. 24. rappreſentato, ha queſto vantaggio, e l'Artefice, che gli fabbrica e gli vende, gli dà per ſole 48 lire, moneta di Francia.

A B C, Fig. 24., è una tavola quadrata, ciaſcun lato della quale ha 7 in 8 pollici. Ella è forata nei quattro angoli per ricevere quattro viti, colle quali ſi attacca ſull' anta della fineſtra, dov' è un buco rotondo di 5 in 6 pollici di diametro.

Nel mezzo di queſta tavola, che fa parte dell'anta, quando vi è attaccata, evvi un buco rotondo, in cui gira liberamente il tubo D, che porta all'una delle ſue eſtremità il cerchio di legno piatto E *e*.

Queſto cerchio è bucato nel mezzo per ricevere un vetro lenticolare, avente circa due pollici di diametro, e nove di foco; e ſugli orli ſtanno fitte due righe di metallo F *f*, le quali porgono avanti lo ſpecchio G *g*.

Queſto ſpecchio, ch' è fuori della fineſtra e ſerve a gettare la luce del Sole ſul vetro lenticolare ſuddetto, può girarſi a deſtra, o a ſiniſtra col tubo

bo D, e più o meno s'inclina, quando si tira, o quando si spinge la picciola lama H corrispondente nella camera; dimodochè con questi due movimenti si può sempre il detto specchio presentare convenevolmente al Sole, per far cadere la luce di questo nella direzione del tubo D.

K è un altro tubo, che scorre nel primo, e nella cui cima sta fitta una picciola piastra di legno duro, o di bosso, nel di cui centro avvi un buco rotondo di 4 in 5 linee di diametro, e di sotto una spezie di molle piatte, in cui entra il vetro, che serve di porta-oggetto; dimodochè quello, che si vuol vedere, si ritrova dirimpetto al buco, ed il buco, qualora si fa avanzare il tubo, si pone da sè al foco del vetro grande convesso.

La piccola piastra di legno da me mentovata ha una coda, che porta due piccioli pezzi di tubi di rame, che fanno ordigno, e nei quali scorrono due picciole verghe d'acciajo, all'estremità delle quali sta fitto il porta-lente I: così premendo a poco a poco col dito si fa accostare la lente all'oggetto, quanto bisogna, per vedere distintamente le immagini sopra la tela stesa nel fondo della camera.

Questa costruzione ha questo vantaggio, che si può situare l'oggetto come ci torna meglio, e con tutta comodità, e distinguere, quando il raggio Solare cade pienamente sopra il picciolo buco della lama di piombo, che cuopre la lente; locchè pone l'uso di questo strumento a portata di tutti.

Questi sono i più conosciuti, ed i più usitati strumenti di Optica. Quanto ne dissi certamente non basterebbe per chiunque volesse costruirli, o perfezionarli: avendo io creduto in un'opera meramente elementare, com'è questa, di dovermi restringere al solo disegno di farne comprendere gli effetti.

Fine del Tomo Quinto.

AL LEGATORE.

Ordine per le Figure del Tomo Quinto
Parte Prima.

Lezione	Figura	Pagina
Lezione XV.	Figura Prima.	pag. 39
	Fig. Seconda.	pag. 47
	Fig. Terza.	pag. 71
	Fig. Quarta.	pag. 87
Lezione XVI.	Fig. Prima.	pag. 111
	Fig. Seconda.	pag. 119
	Fig. Terza.	pag. 129
	Fig. Quarta.	pag. 139
	Fig. Quinta.	pag. 150
	Fig. Seſta.	pag. 169
	Fig. Settima.	pag. 178
	Fig. Ottava.	pag. 189
	Fig. Nona.	pag. 199
	Fig. Decima.	pag. 205

Parte Seconda.

Lezione	Figura	Pagina
Lezione XVII.	Fig. Prima.	pag. 222
	Fig. Seconda.	pag. 231
	Fig. Terza.	pag. 246
	Fig. Quarta.	pag. 260
	Fig. Quinta.	pag. 291
	Fig. Seſta.	pag. 322
	Fig. Settima.	pag. 334
	Fig. Ottava.	pag. 336
	Fig. Nona.	pag. 343
	Fig. Decima.	pag. 355

Fig. 2.
B
A
Fig. 1.
H
H
I
K
G
E
D
F
C
Fig. 5.
Fig. 3.
Fig. 4.
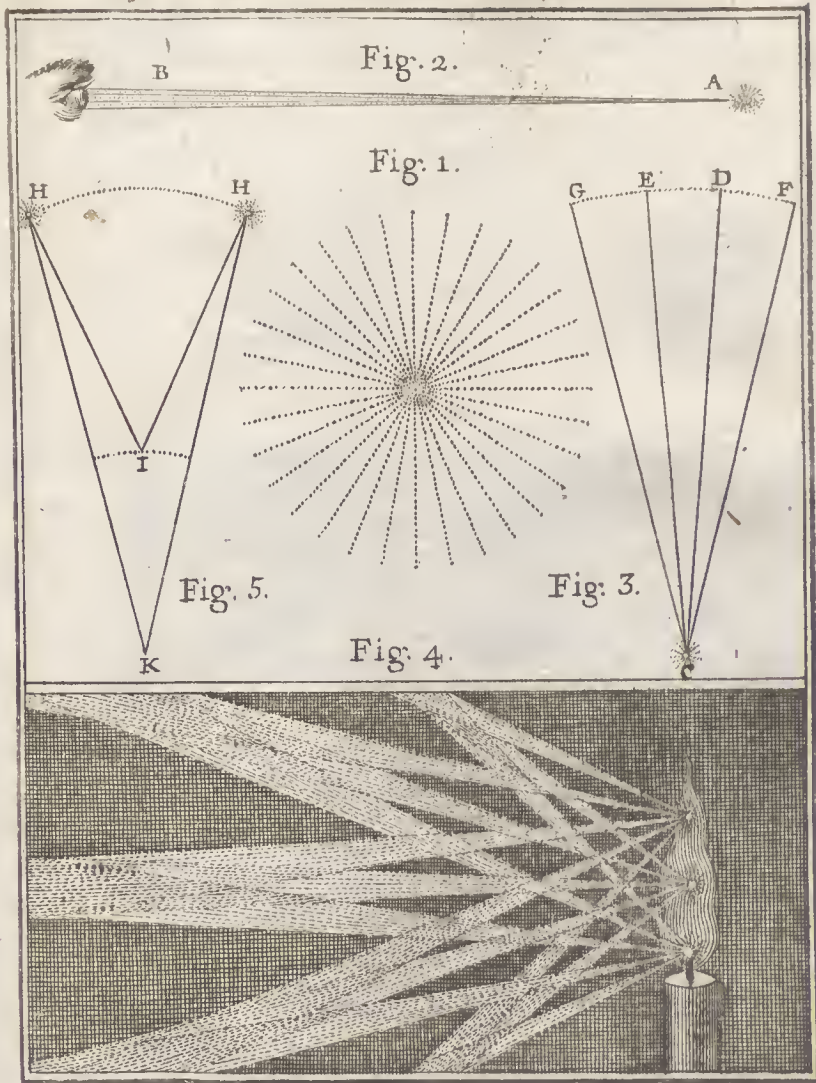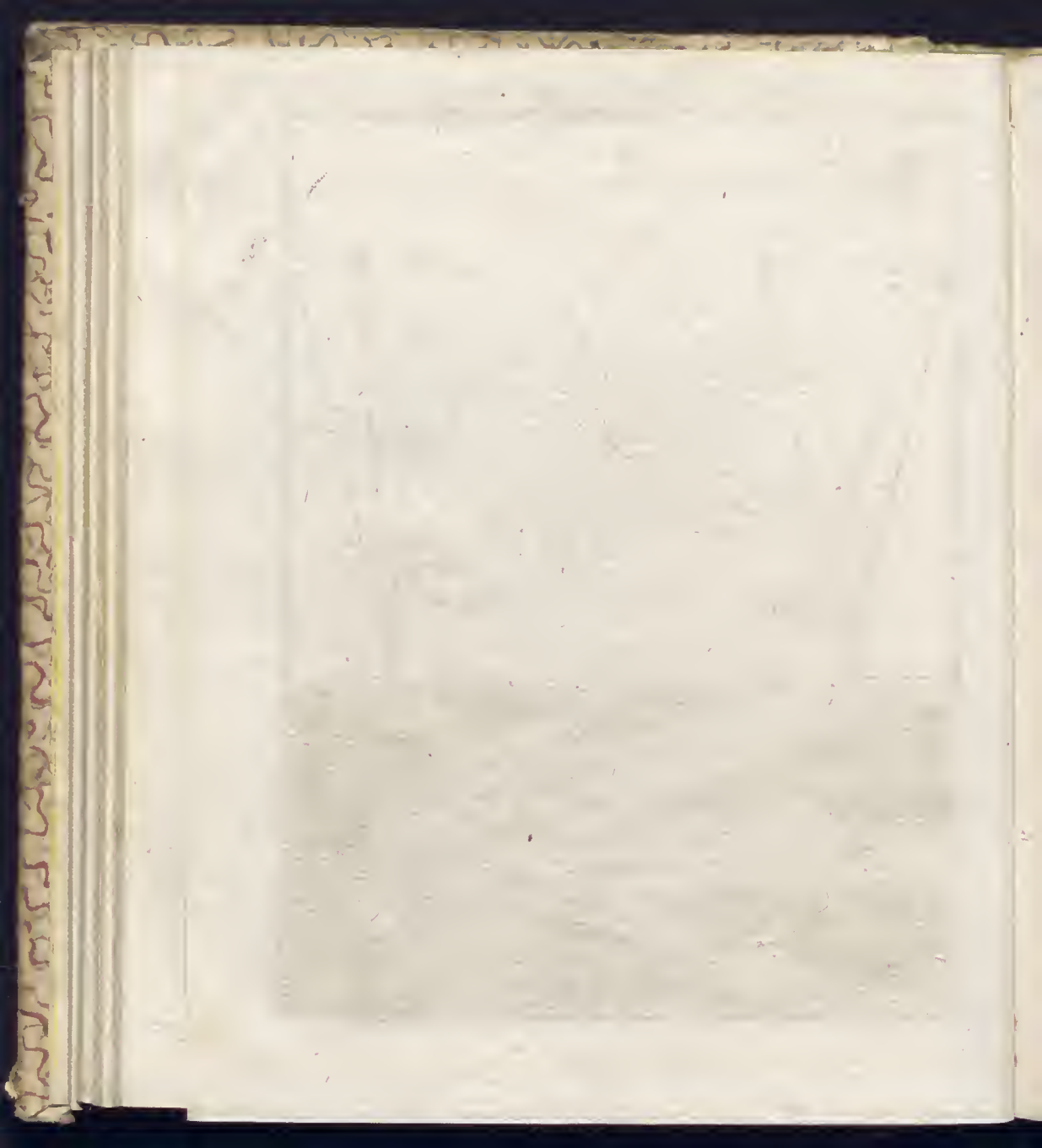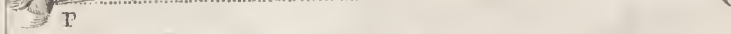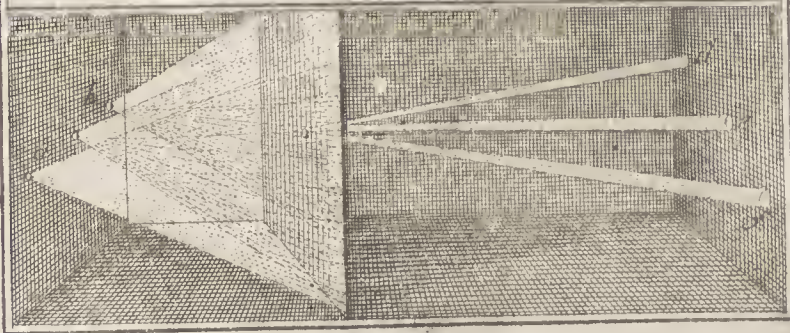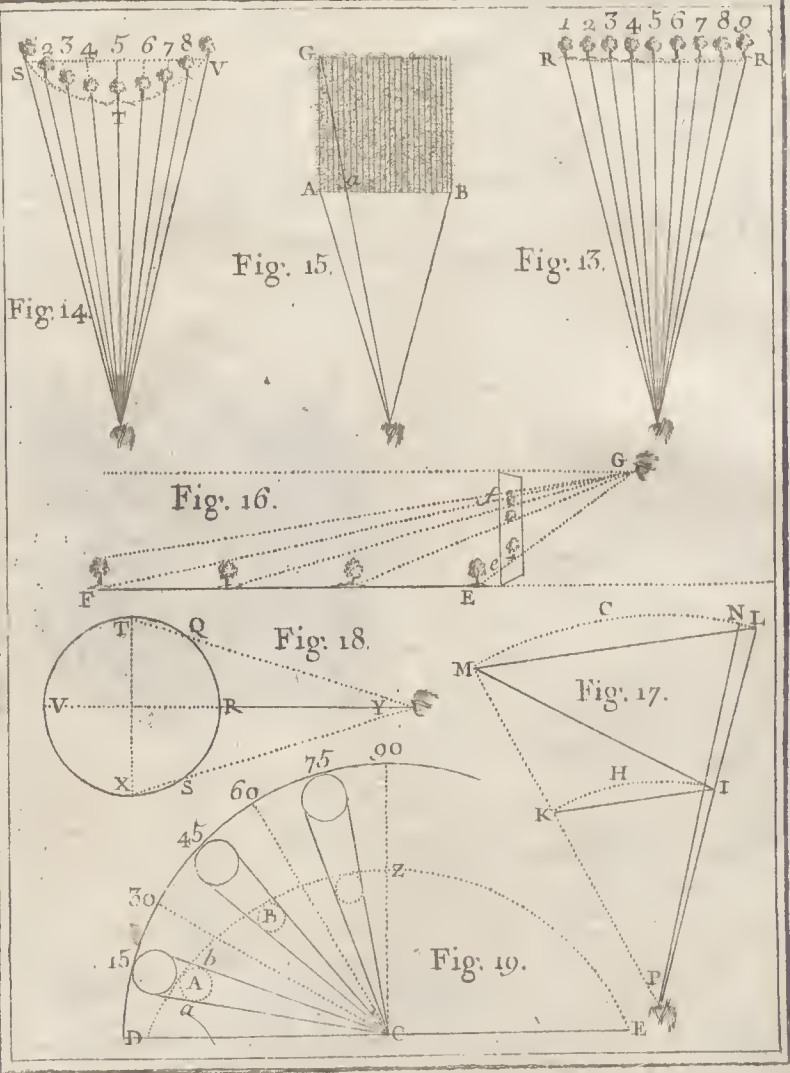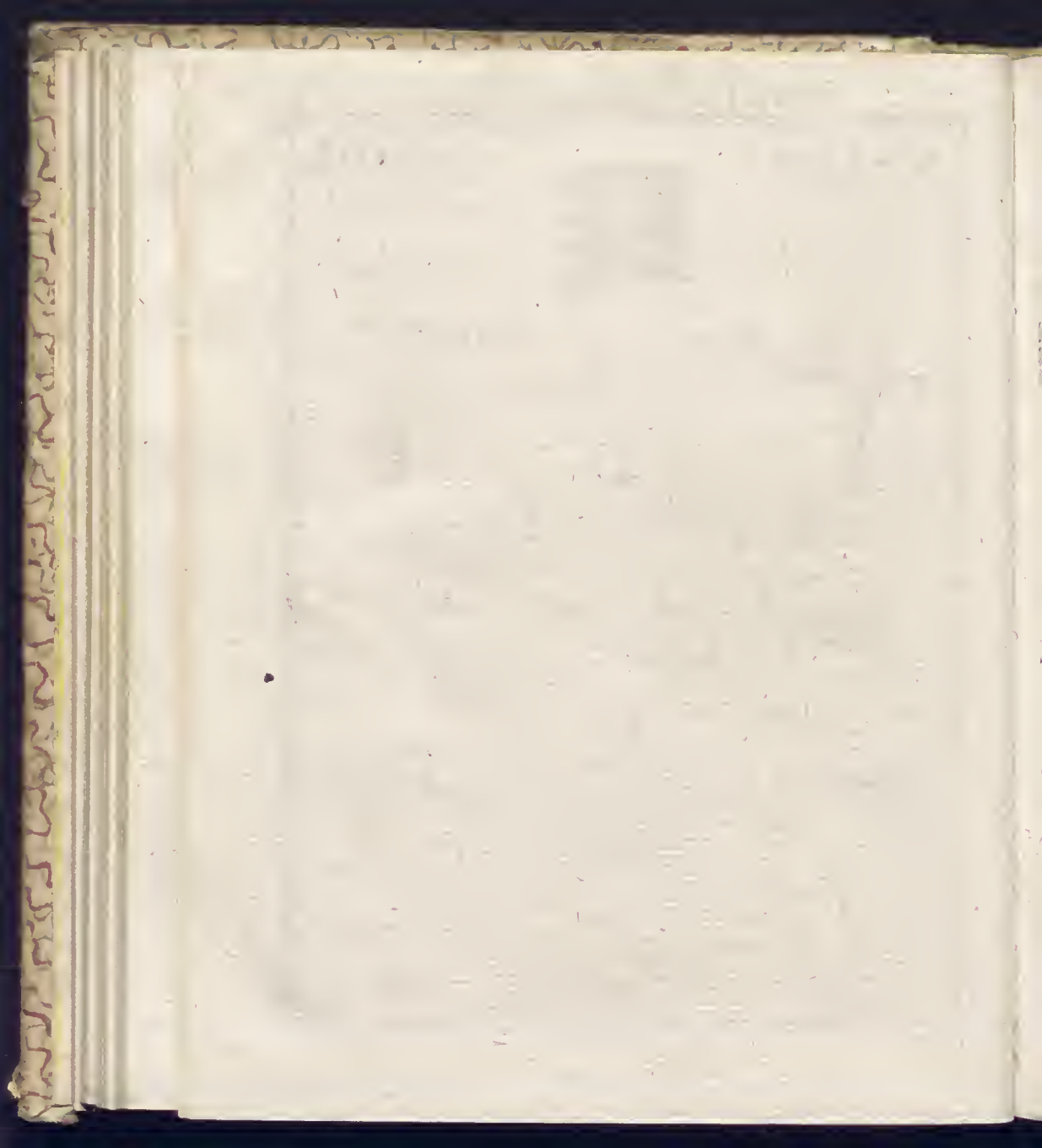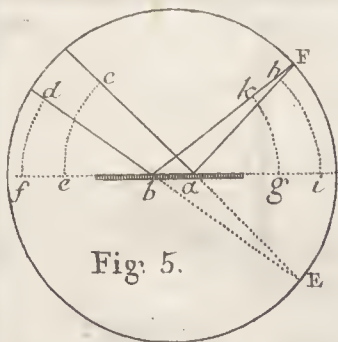
Fig. 8.
P
R
Q
Fig. 7.
l
m
c
2
3
Fig. 6.
C
G
H
D
L
M

Fig. 10.

Fig. 11.

Fig. 12.

Fig. 9.

Fig. 14.
S
V
T
1 2 3 4 5 6 7 8 9
Fig. 15.
G
A
a
B
Fig. 13.
R
R
1 2 3 4 5 6 7 8 9
Fig. 16.
G
f
e
F
E
Fig. 18.
T
Q
V
R
Y
X
S
Fig. 17.
C
N
L
M
H
I
K
P
Fig. 19.
90
75
60
45
30
15
Z
B
A
b
a
D
C
E

Fig. 5.
Fig. 4.
Fig. 3.
Fig. 2.
Fig. 1.

Fig. 7.
Fig. 6.
Fig. 9.
Fig. 8.
Fig. 10.
Fig. 12.
Fig. 11.

Fig: 15.
Fig: 14.
Fig. 13.
Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 19.
Fig. 18.

Fig. 20.
a
h
k
c
m
f
n
o
g
l
i
b
d
e
Fig. 21.
b
a
c
Fig. 22.
m
f
a
b
l
g
C
P
F
K
i
n
d
e
h
o
Fig. 23.
a
A
F
C
E
b
d
Fig. 24.
A
B
C
b
G
H
a
E

Fig. 25.
Fig. 26.
Fig. 27.
Fig. 28.
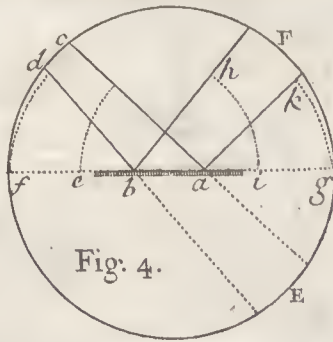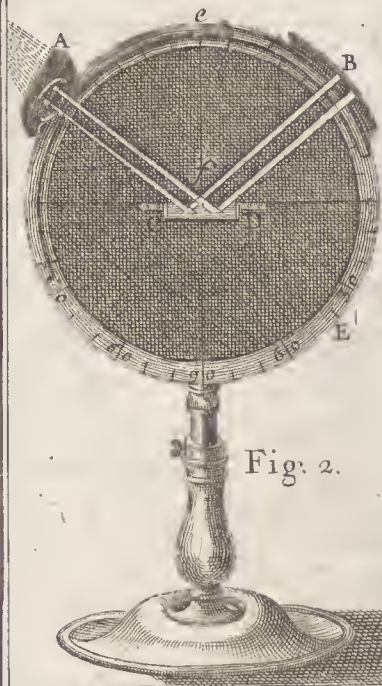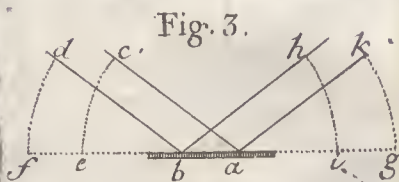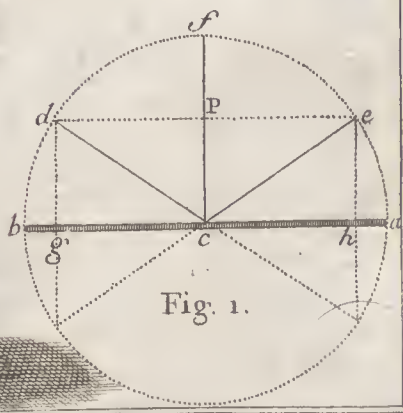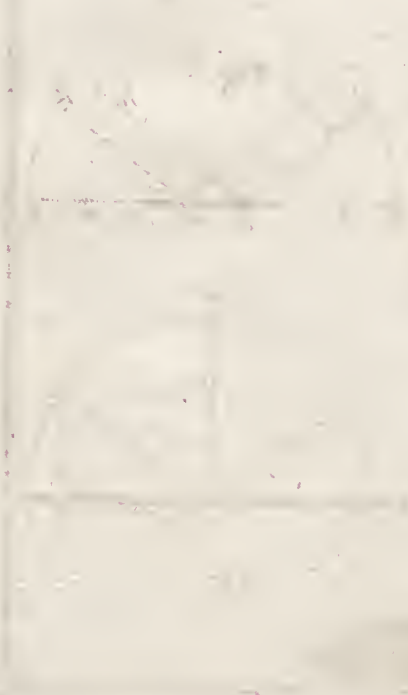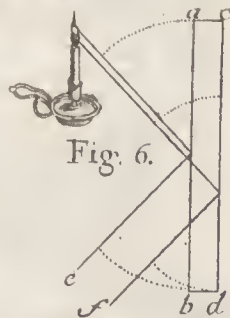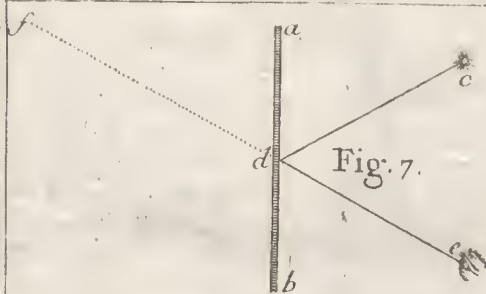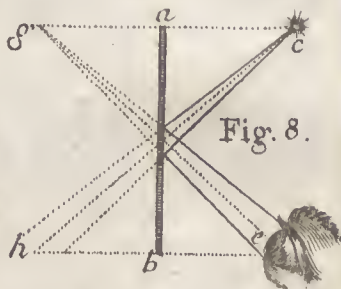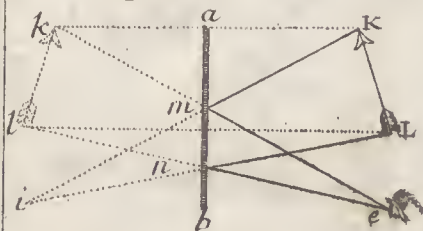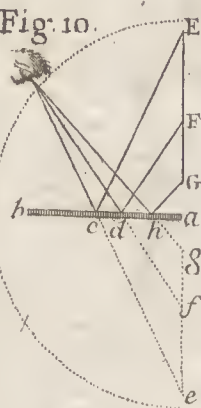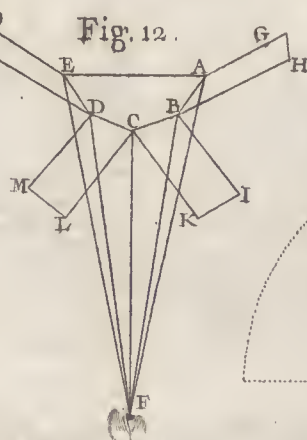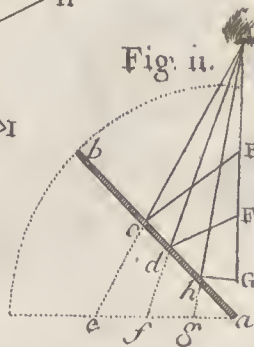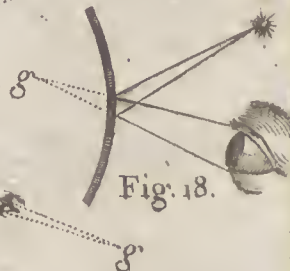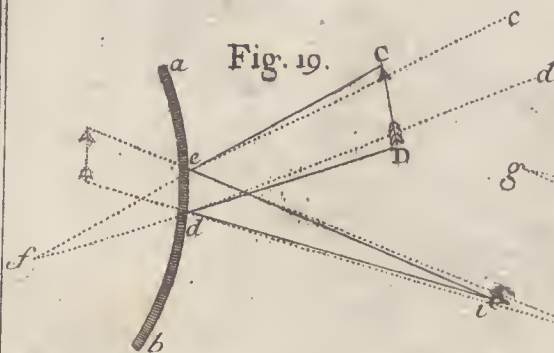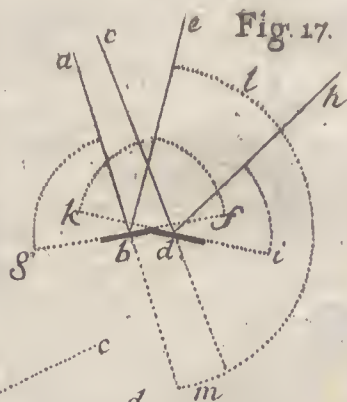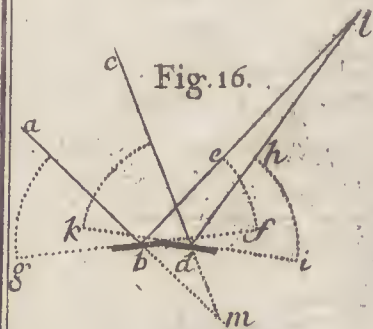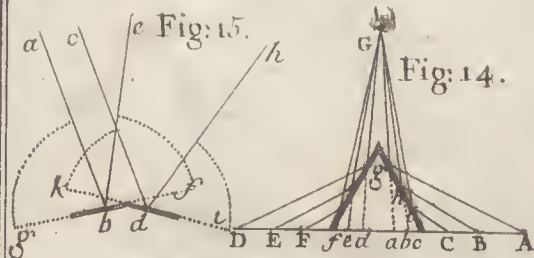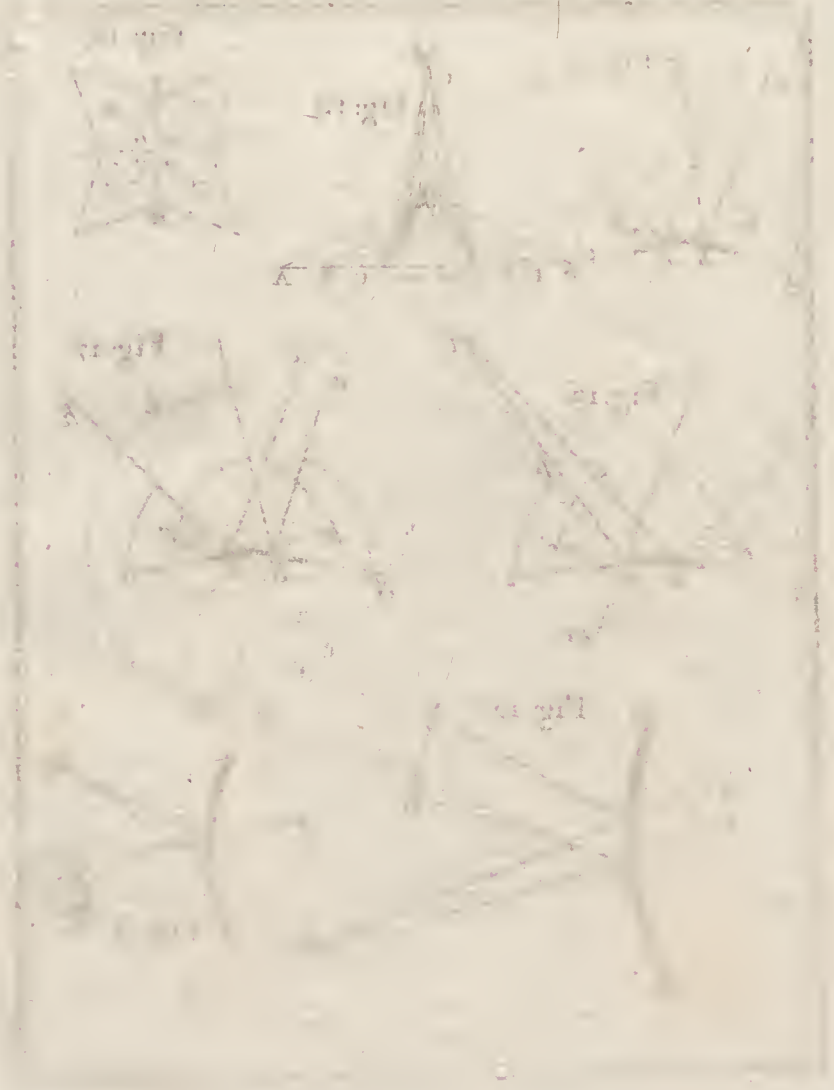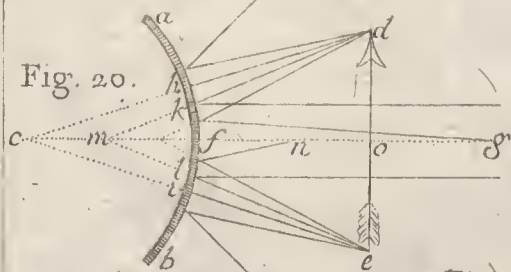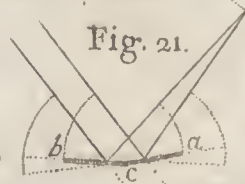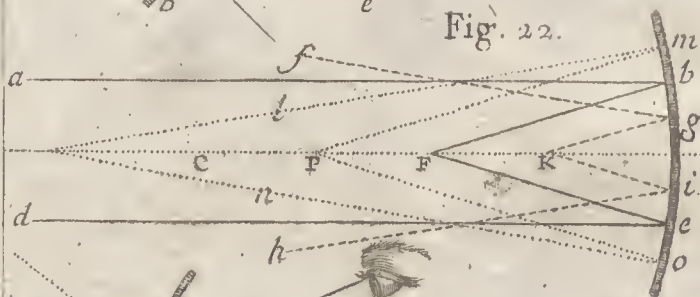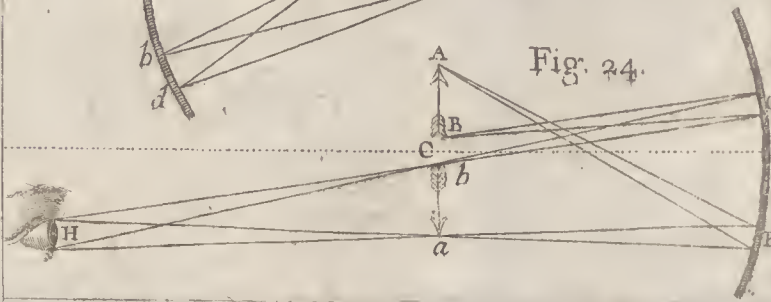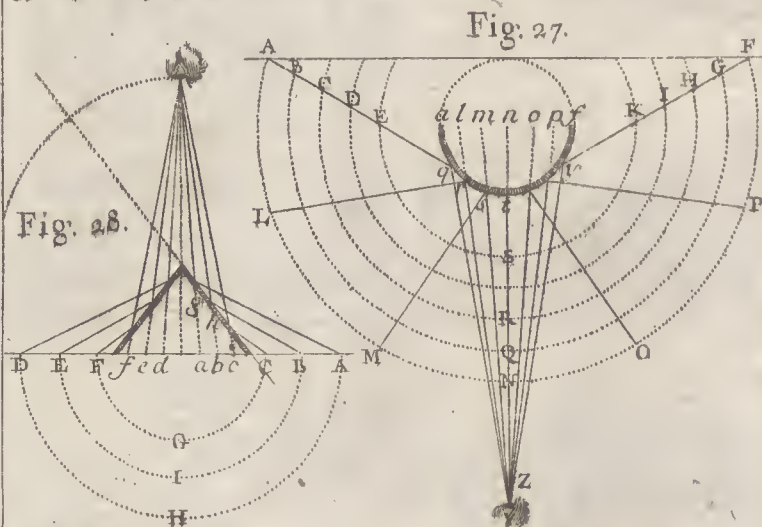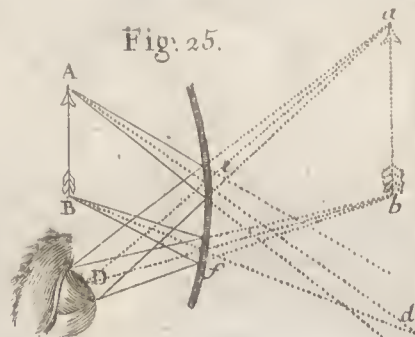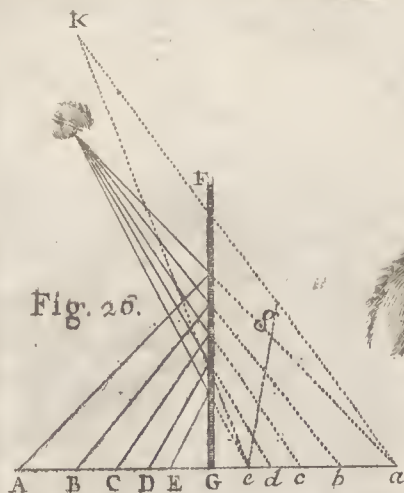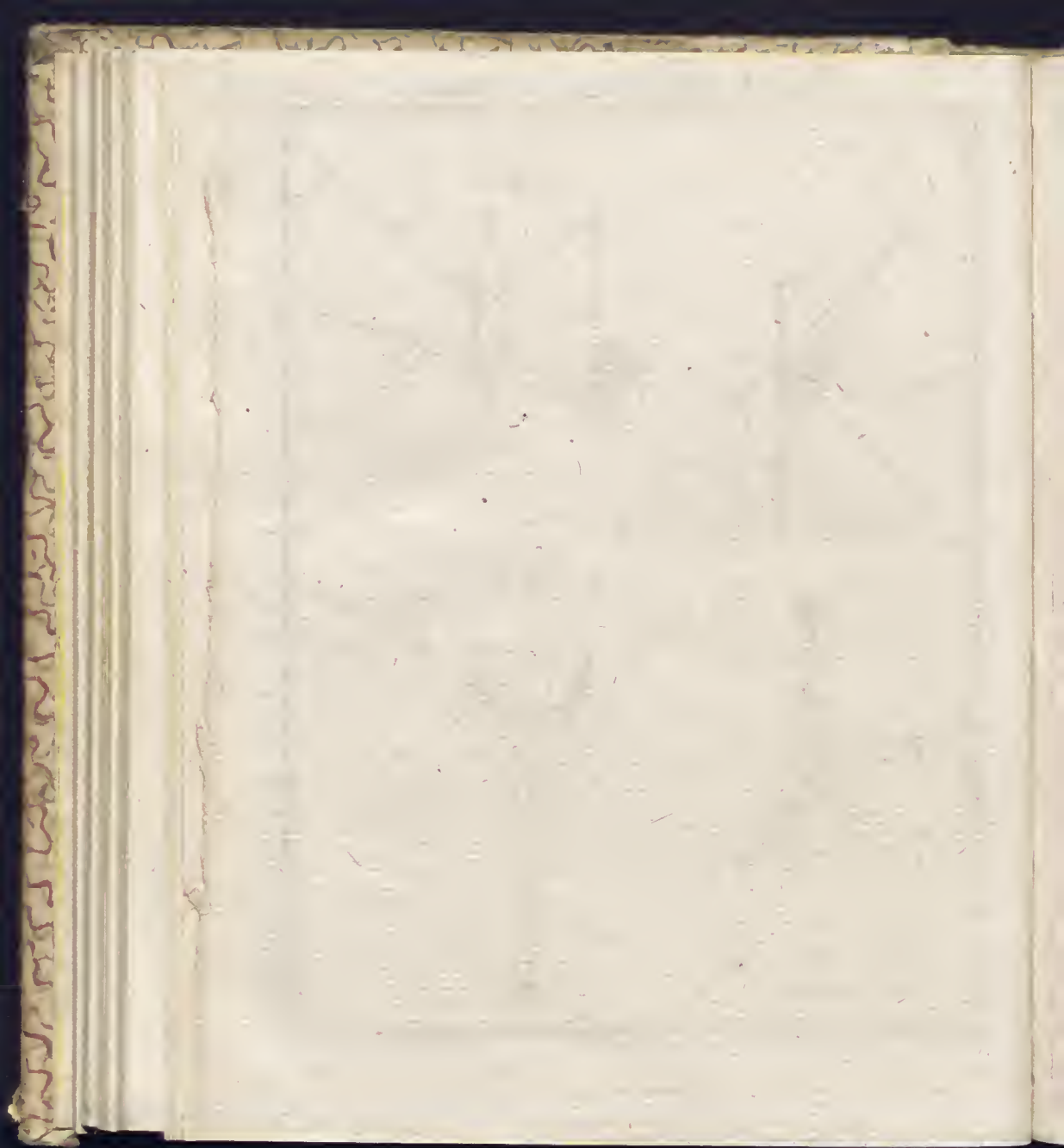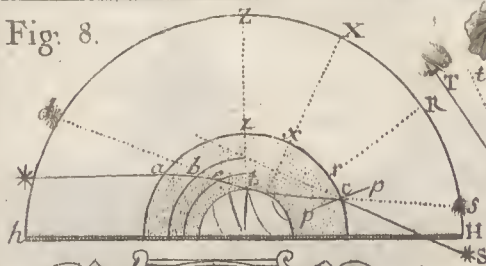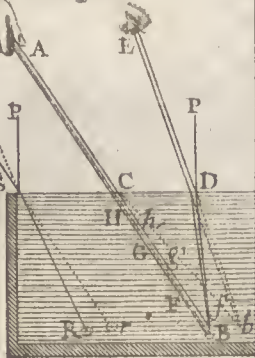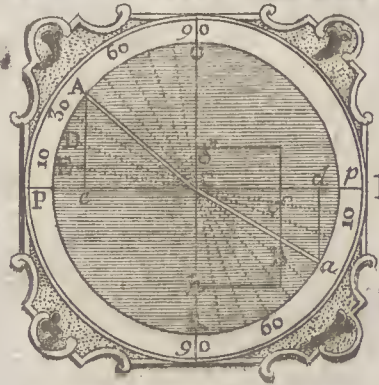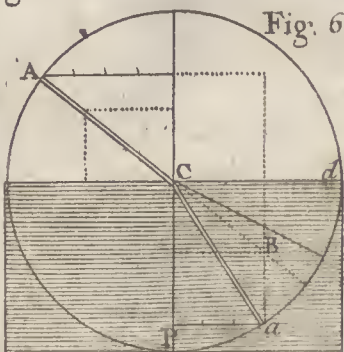
Fig. 8.
Fig. 7.
Fig. 1.
Fig. 6.
Fig. 2.
Fig. 5.
Fig. 3.
Fig. 4.

Fig. 16.
H
K
B
A
I
L
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 13.
Fig. 9.
E
G
F
H
P
C
D

Fig. 21.
Fig. 17.
Fig. 22.
Fig. 23.
h
i
A
E
C
D
B
d
e
f
g
G
H
F
I
K
a
c
d
b
A
B
C
k
l
e
f
b
t
c
m

Fig. 30.
Fig. 27.
Fig. 28.
Fig. 29.
Fig. 26.
Fig. 25.

Fig. 34.
Fig. 35.
Fig. 36.
Fig. 37.
Fig. 38.
Fig. 39.
Fig. 40.
Fig. 41.

Fig. 5.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 6.
Fig. 2.
Fig. 1.

Fig. 9.
Fig. 11.
Fig. 10.
Fig. 8.
Fig. 7.
A
B
C
D
g
p
k
i
P
q
s
T
V
X
O
K
I
L
M
N
Q
R
S
E
F
e
f
c
d
b
a
G
H

Fig. 15.
G
H
I
K
Fig. 12.
A
G.
E
g
H
E
B
Fig. 13.
I
K
c
a
d
b
Fig. 14.
D
C
A
E
F
B

Fig: 16.
Fig: 17.
Fig: 18.
Fig: 19.
H
G
C
F
S
S
O
J
B
B
J
O
D
E
F
b i r
r i b
b i r
r i b

Fig. 1.
A
P
C
p
P
Fig. 2.
A
b
d
e
D
a
B
Fig. 4.
C
b
D
A
B
e
f
C
d
D
H
I
K
B
Fig. 5.
A
L
E
F
D
C
Fig. 3.

Fig. 8.
Fig. 7.
O
n
M
N
L
E
F
Fig. 6.
A
D
B
C
H
G
K
I

Fig. 11.
A
B
C
D
E
F
G
Fig. 12.
A
B
C
F
b
a
D
E
G
H
Fig. 13.
A
B
C
F
b
a
D
E
K
f
L
M
Fig. 9.
Fig. 10.
C
G
F
E

Telescopio Neutoniano
Fig: 14.
Fig. 16.
Telescopio Gregoriano
Fig. 17.
Fig: 15.

Fig. 18.
D
A
C
D
B
E
F
d
a
c
d
b
Fig. 19.
E
b
k
O
F
D
h
a
g
f
E
d
A
c
e
B
K
Fig. 21.
H
G
M
E
D.
A
C
h
m
g
e
d
B
L
Fig. 20.

Fig. 23.
A
B
C
D
E
Fig. 24.
A
E
B
F
G
I
K
D
H
C
Fig. 22.

LEZIONI
DI
FISICA ESPERIMENTALE
DELL' ABATE NOLLET

MEMBRO DELL' ACCADEMIA REALE
DELLE SCIENZE,
DELLA REAL SOCIETA' DI LONDRA,
DELL' INSTITUTO DI BOLOGNA,
MAESTRO DI FISICA DEL DELFINO,
E Regio Professore nel Collegio di Navarra

TRADOTTE DALLA LINGUA FRANCESE
Sopra l' Edizione di Parigi dell' Anno MDCCLIX.

TOMO QUINTO.

IN VENEZIA